

EXPLORACION

MUESTREO

Y

ENSAYES DE SUELOS

Alfredo I. Martínez

Profr. de Laboratorio de Mecánica de Suelos
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos

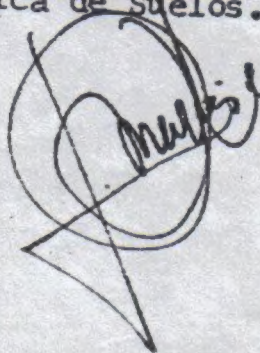
PROLOGO

La elaboración de las presentes notas, tienen como finalidad que los estudiantes de Ingeniería Civil y Arquitectura, tengan un conocimiento elemental de la forma como se realizan las exploraciones en medios térreos. Así mismo, se pretende, mejorar la enseñanza pedagógica, ayudando al alumno para que pueda realizar en el laboratorio los ensayos de suelos sin ninguna dificultad, guiándose únicamente con la secuela establecida y comprobando en forma simultanea lo expuesto en su clase teórica.

No se pretende que lo expuesto se cumpla rigurosamente, ya que en algunos casos se puede contar con equipo moderno facilitando las exploraciones y los ensayos.

Atentamente

Ing. Alfredo I. Martínez Cruz
Profesor del Laboratorio de
Mecánica de Suelos.



G E N E R A L I D A D E S

En la realización de las obras de Ingeniería de cimentaciones sobre suelos, el proyectista requiere obtener un conocimiento del comportamiento que va atener el suelo al aplicar ciertas cargas, producto, de una super-estructura, con el objeto de lograr una seguridad en la misma. Para ello, es necesario analizar las propiedades y características del sub-suelo en el lugar donde se pretende construir.

Debido a la complejidad que presenta el suelo, se han ideado pruebas del Laboratorio que permiten obtener, en forma aproximada, valores de propiedades índice y mecánicas, los suelos -- servirán de base para diseñar las cimentaciones. Por tal motivo en los estudios de mecánica de suelos, debe realizarse un programa de exploración y muestreo procurando que las muestras extraídas sean realmente representativas.

TIPOS DE EXPLORACIONES

La exploración puede realizarse en 2 formas:

1. - Exploración Directa
2. - Exploración Indirecta

La diferencia entre ambos métodos estriba en que en los -- primeros se obtienen muestras y en los segundos no.

La exploración de suelos directo, puede ser de carácter prelimi.

nar o definitiva, dependiendo de la importancia de la obra y de la erradicidad de suelo: estos 2 conceptos se toman también en cuenta para definir el número, espaciamiento y profundidad de los sondeos.

Dentro de la exploración indirecta se cuenta con los métodos Geofísicos, los cuales han tenido una mayor aplicación a los estudios Geológicos y de Minería que a los referentes a Mecánica de Suelos. Resultando impropios para estudios de cimentaciones debido a que la información obtenida carece de seguridad. Este tipo de exploración resulta rápida para explorar grandes zonas, pudiendo aplicarse a estudios preliminares, ya sea en la localización de perfiles de roca o lugares donde sea factible cimentar presas de tierra.

Para que una exploración resulte con éxito, debe contarse con un equipo adecuado y material humano especializado: además de criterio y experiencia.

De acuerdo con la tabla 1, las exploraciones directas pueden realizarse mediante sondeos en forma manual o con equipo mecánico.

EXPLORACION DE SUELOS		
EXPLORACION DIRECTA	A) MANUAL	<ul style="list-style-type: none"> 1.-PERCUSION 2.-ROTACION 3.-PRESION
	B) CON EQUIPO MECANICO	
EXPLORACION INDIRECTA	1.- REFRACCION SISMICA	
	2.-RESISTIVIDAD ELECTRICA	
	3.-GRAVIMETRICO	
	4.- SONICO	

- 1.- PERCUSION (EMPLEANDO MARTINETE - TUBO PARTIDO)
- 2.- ROTACION (CON EQUIPO ROTARIO - BARRENA HELICOIDAL)
- 3.- PRESION (A BASE DE GATOS, POLEAS, TUBO SHELBY)

METODOS MANUALES

TABLA I

METODO	TIPO DE MUESTREO	TIPO DE SUELOS EN QUE SE APLICA	PROCEDIMIENTO DE MUESTREO
POZO A CIELO ABIERTO	INALTERADO ALTERADO	TODOS	LABRADO MANUAL
TALADROS MANUALES POSTEADORA BARRENOS HELICOIDALES	ALTERADO	EN TODOS AQUELLOS QUE TENGAN CIERTA COHESION	MANUAL

METODOS EMPLEANDO EQUIPO MECANICO

MUESTREADOR	TIPO DE MUESTRA	MODO DE OPERACION	TIPO DE SUELOS EN QUE SE EMPLEA
TUBO PARTIDO	ALTERADA	PERCUSION	TODOS LOS SUELOS EXCEPTO LOS QUE TENGAN MUCHA GRAVA
TUBO DE ABERTURA LATERAL	ALTERADA	PERCUSION	SUELOS GRANULARES
TUBO DE PARED DELGADA TIPO "SHELBY"	INALTERADA	PRESION	ARCILLAS, LIMOS CON POCO MATERIAL ARENOSO DE CONSISTENCIA BLANDA O POCO FIRME

TUBO DE PISTON	INALTERADA	PRESION	ARCILLAS Y LIMOS BLANDOS POCO FIRMES
DENISON	ALTERADA INALTERADA	ROTACION PRESION	ARCILLAS Y LIMOS S/GRAVAS ABAJO DEL N. A. F.
T. A. M. S.	ALTERADA INALTERADA	ROTACION PRESION	ARCILLAS Y LIMOS S/GRAVAS ABAJO DEL N. A. F.
WIRE LINE	ALTERADA INALTERADA	ROTACION PRESION	TODOS LOS SUELOS Y ROCAS
BARRILES	ALTERADA INALTERADA	ROTACION PRESION	GRAVAS CON CANTOS RODADOS, ROCAS

TIPOS DE MUESTRAS

Existen 2 tipos de muestras las cuales dependiendo de la forma en que son obtenidas se clasifican en:

1.- ALTERADAS

a) REPRESENTATIVAS

SON TODAS AQUELLAS
QUE HAN MODIFICADO
SU ESTRUCTURA CON
SERVANDO SUS COMPONENTES

b) NO REPRESENTATIVAS

SON AQUELLAS EN QUE
ADEMAS DE HABER MODIFICADO SU ESTRUCTURA, HAN PERDIDO ALGUNO DE SUS COMPONENTES.

2.- INALTERADAS (Por su forma pueden ser cúbicas o cilíndricas).

MUESTRAS ALTERADAS .-

Se ha designado con este nombre a las muestras que no conservan las propiedades que poseían " in-situ ", es decir que han variado sus componentes, estructura o ambos.

MUESTRAS INALTERADAS. -

Se les denomina así a las muestras que conservan hasta donde es posible todas sus propiedades que originalmente poseían in-situ (textura - estructura).

MUESTRAS INTEGRALES. -

Son aquellas que dependerán de las características medias de un conjunto de estratos o exclusivamente de un estrato.

O INDIVIDUALES

Datos que debe llevar una muestra al ser extraída.

- a). - Número de muestra.
- b). - Tipo de muestra
- c). - Tipo de muestreador usado
- d). - Profundidad de muestreo
- e). - Indicar la orientación de la muestra
- f). - Estado del tiempo en el momento de tomarse la muestra.
- g). - Clasificación del suelo muestreado
- h). - Nombre del responsable de la brigada de exploración.

PROGRAMA DE EXPLORACION

En todo estudio de Mecánica de Suelos, debe efectuarse un programa de exploración de suelos, el cual debe constar de lo siguiente.

- 1.- Número de Sondeos
- 2.- Tipo de sondeos
- 3.- Localización
- 4.- Espaciamiento
- 5.- Profundidad.

Cada uno de los puntos anteriormente expuestos está en función del tipo de construcción área-cubierta, uniformidad y regularidad de los depósitos de suelo.

Para poder lograr una exploración aceptable, se debe realizar en 2 etapas.

- 1.- ETAPA PRELIMINAR.- Esta etapa tiene como base proporcionar una idea aproximada del sub-suelo, permitiendo, en forma simultanea, definir el programa de exploración de la etapa definitiva.
- 2.- ETAPA DEFINITIVA.- Una vez teniendo el conocimiento de los depósitos de sub-suelo, se realiza esta etapa utilizando el equipo adecuado que proporcione muestras representativas.

En algunos casos, dependiendo del criterio y experiencia del Ingeniero, los estudios preliminares, llegan a ser definitivos, resultando económicos y rápidos.

En la zona de alta compresibilidad, al número anterior se le deducirá el de los sondeos tipo C que se requieran.

SONDEO OBTENIDO

Uno por cada 2000 m² o fracción solo se realizara en las zonas donde se presenten depósitos de alta compresibilidad

MUESTRA INALTERADA

Lo anterior son restricciones que han tomado el departamento del D. F. como trabajos mínimos en los estudios de mecánica de suelos Sin embargo, cuando la persona encargada considere necesario, para la seguridad de la obra a construir y, sobre todo, en lugares donde existan zonas cavernosa o fallas, debe efecturarse un número mayor de sondeos; cabe aclarar que los valores estadísticos obtenidos en otras exploraciones resultan de gran ayuda en los estudios.

2. - TIPO DE SONDEO

En éste caso la naturaleza del terreno es la que rige para definir el tipo de sondeo, conjuntamente, con la importancia de la obra.

3. - LOCALIZACION DE LOS SONDEOS

Normalmente los sondeos se localizan, de preferencia, en el centro de carga de la estructura y en los ejes principales que se encuentran sobre cargados.

4. - ESPACIAMIENTO DE LOS SONDEOS

Para tener una idea clara del espaciamiento de los sondeos en-

obras de Ingeniería, se presenta a continuación una tabla de valores, - los cuales pueden duplicarse, en el caso de encontrar suelos con estratigrafías regulares y se disminuye su magnitud cuando se encuentren - estratigrafías irregulares.

TABLA 2

ESTRUCTURA U OBRA	ESPACIAMIENTO M.
Carretera (investigación de la subrasante)	300 - 600
Presa de tierra, diques	30 - 60
Excavación para prestamo	30 - 120
Edificio de varios pisos	15 - 30
Edificio industrial de un piso	30 - 90
George B. Sowers. 335.	

5.- PROFUNDIDAD DE LOS SONDEOS.

La profundidad en los sondeos juega un papel realmente importante en la exploración de los suelos, sobre todo en obras considerables, en las que habrá que estudiar cuidadosamente la resistencia, -- comprensibilidad y permeabilidad de los mantos, para asegurar la estabilidad de la misma. Conforme se va avanzando la exploración, puede tenerse una idea clara y concisa del posible comportamiento que -- va a tener el suelo al incrementarse con una sobrecarga, dependiendo -- de la estratigrafía y la facilidad o dificultad que presente la exploración.

Se han establecido reglas practicas para definir la profundidad de los sondeos, por ejemplo, en el caso de cimentaciones superficiales. En lo que se refiere a capacidad de carga, el plano de falla más critico quedaría definido al girar el cimientto sobre el punto o; fig. (1)

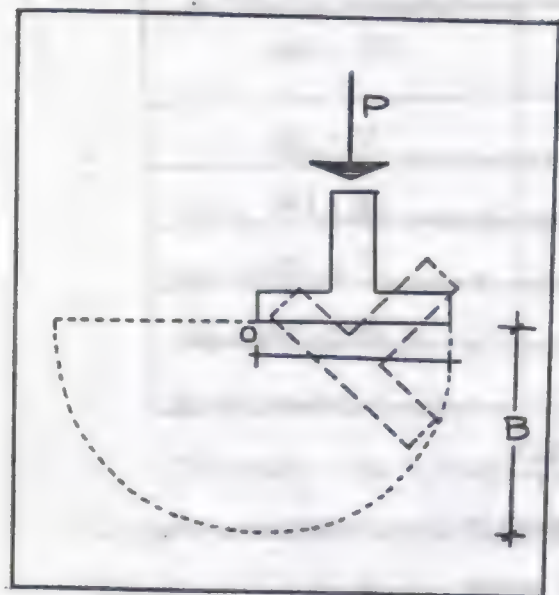


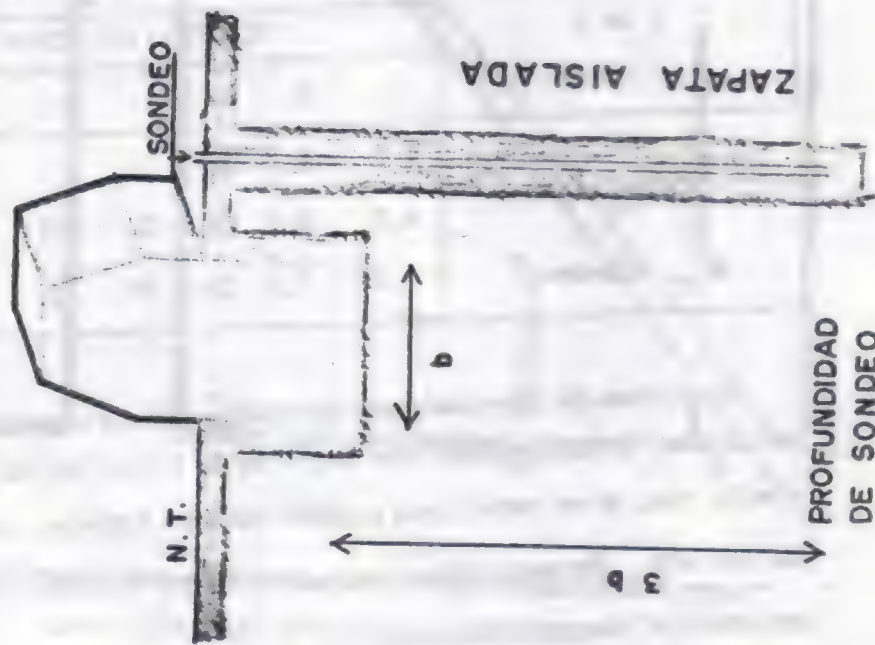
FIG. 1

Resultando, por lo tanto, la profundidad de exploración igual al ancho de la cimentación, adaptándose, como medida de seguridad, dos veces este valor. Sin embargo, el criterio adoptado resultaría exagerado en el caso de estructuras anchas de un solo piso (estructuras industriales e impropio para torres esbeltas.

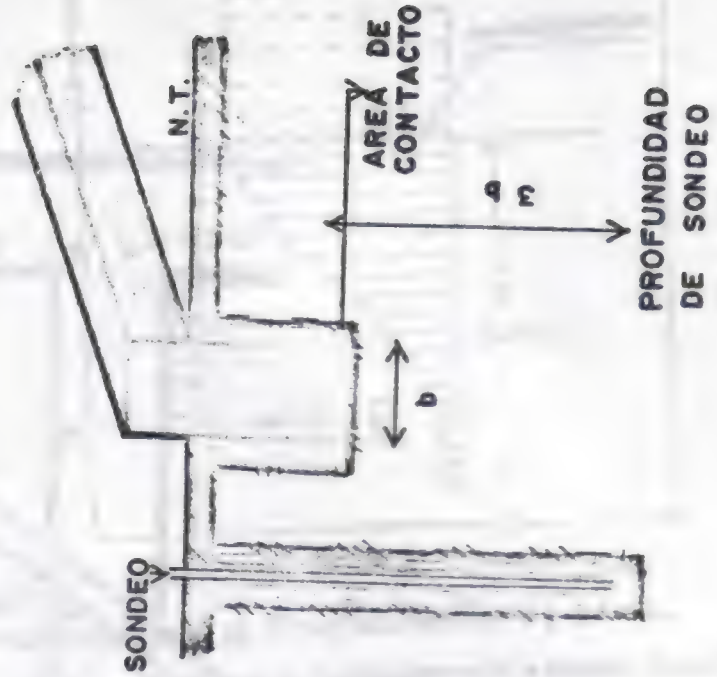
En el caso de que existan estratos comprensibles y la sobrecarga se siga incrementando, traerá, como consecuencia, deformaciones de los estratos compresible ocasionando asentamientos. En estos casos, cuando las cimentaciones sean superficiales o poco profundas, sujetas a incrementos de carga regulares, la profundidad del sondeo quedará definido en función de la propagación de esfuerzos verticales que manda la estructura al suelo, hasta verificar que se hayan disipado en un 10 ó 5% fig (3)

PROFUNDIDAD DE SONDEOS

CIMENTACION SENCILLA



CIMENTACION CORRIDA



ZAPATA CORRIDA

fig 2

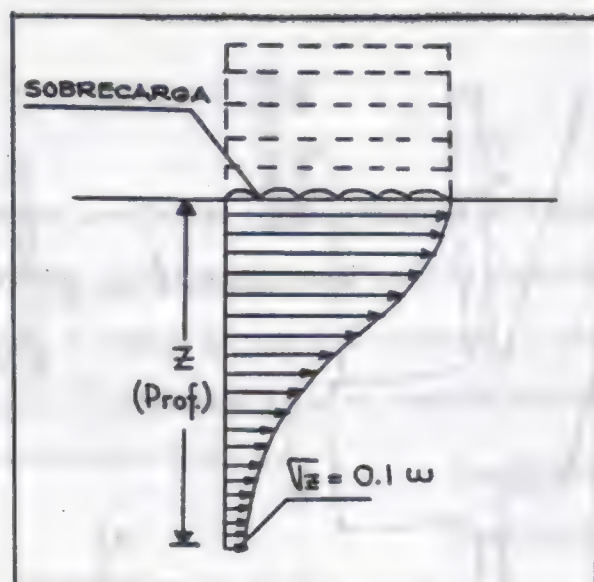


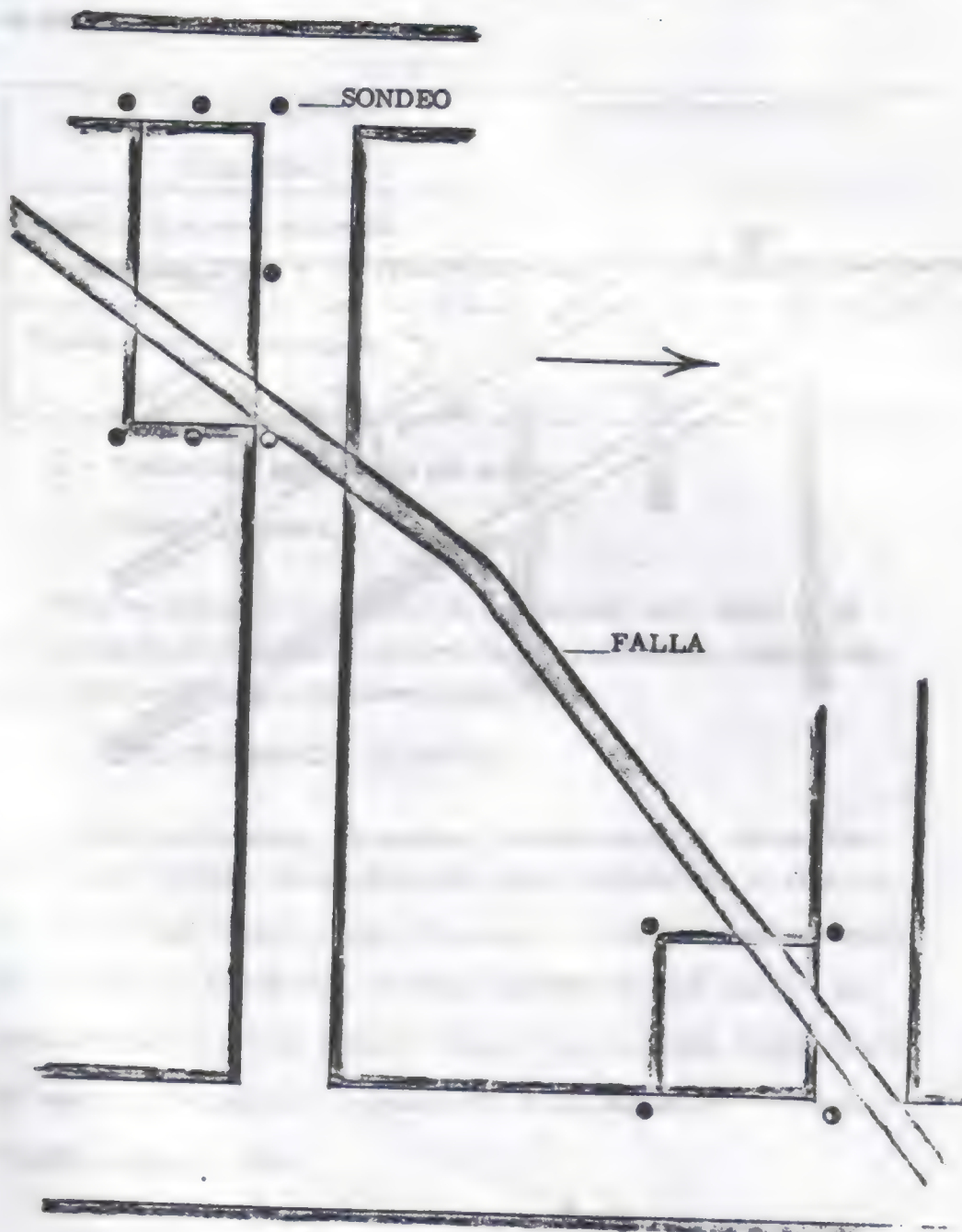
FIG. 3

La tabla (3) propuesta por E.de Beer, del Instituto Geotécnico de Bélgica muestra la profundidad de los sondeos, conforme a la propagación de esfuerzos.

TABLA 3

ANCHO DEL EDIFICIO (m)	PROFUNDIDADES DEL SONDEO, (m)				
	NUMERO DE PISOS				
	1	2	4	8	16
30	3.5	6	10	16	24
60	4.5	6.5	12.5	21	33
120	4.0	7.0	13.5	25	41

En el caso de cimentaciones profundas situadas sobre estratos comprensibles, la exploración debe seguirse de 1.5 a 5 m. de la calculada y más aun, si se encuentran arcillas blandas o arenas cuya compacidad sea alta. En estos casos es preferible que el sondeo continúe hasta encontrar el estrato resistente.



LOCALIZACION ERRADA DE SONDEOS

Fig 5

PERFIL ERRATICO. SONDEOS CORRECTAMENTE LOCALIZADOS.



fig 6

TIPOS
DE
BARRE
NAS.

POSTEADORA

Dispositivo constituido de 3 ó
más cuchillos, unidos a un --
eje cuyo diámetro varia de 10
a 20 cm.

BARRENA HE-
LICOIDAL.

Tiene la forma de un Berbi-
quí semejante al de carpinte-
ro con diámetro de 4 a 7.5cm

CUCHARA DE
POCERO.

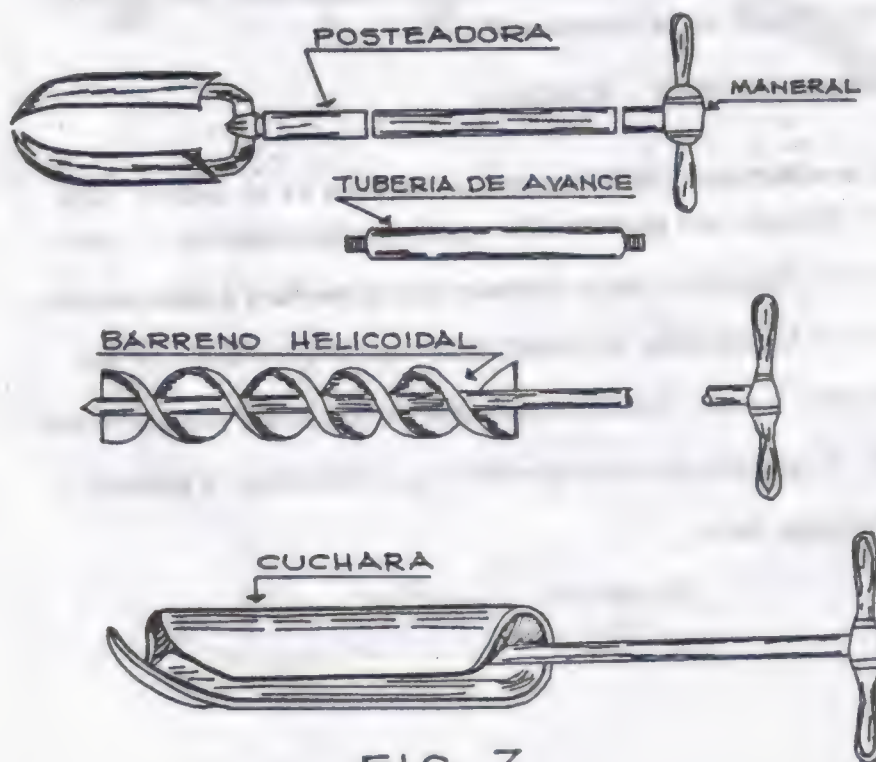


FIG. 7

TIPOS
DE
BARRE
NAS.

POSTEADORA

Dispositivo constituido de 3 ó
más cuchillos, unidos a un --
eje cuyo diámetro varia de 10
a 20 cm.

BARRENA HE-
LICOIDAL.

Tiene la forma de un Berbi-
quí semejante al de carpinte-
ro con diámetro de 4 a 7.5cm

CUCHARA DE
POCERO.

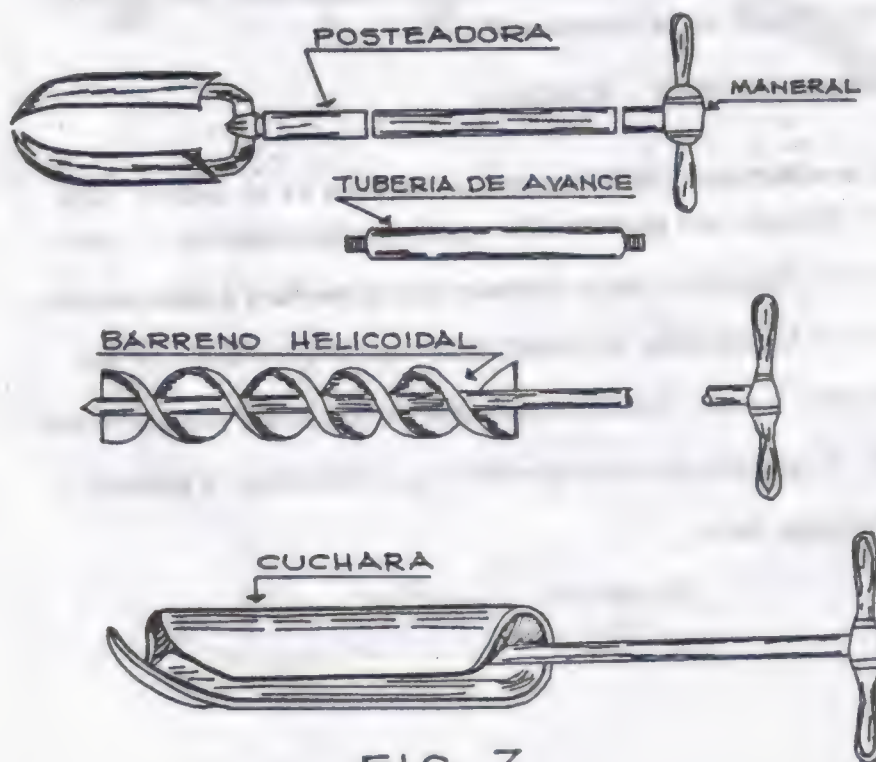


FIG. 7

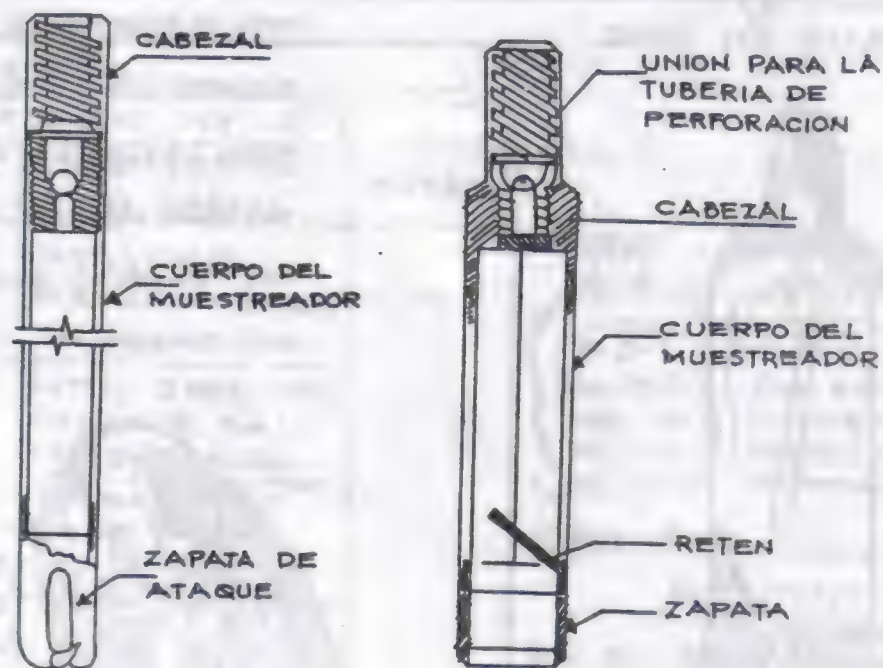
MUESTREO

El procedimiento de exploración consiste en introducir a presión -- e ir girando cualquiera de los tipos de barrena fig (7) conforme se vaya avanzando la exploración se van acoplando tramos de tubería ---- (1.5 m) colocandose en la parte superior un maneral, que es el que -- sirve para hincarse.

Este procedimiento se emplea en el caso de suelos relativamente blandos, que no contengan depósitos de grava o boleos.

Cuando se tiene material friccionante (arenas) depositado bajo -- del nivel de aguas freáticas, las barrenas no resultan adecuadas por no recuperar material al ser extraídas, debiendose cambiar la barrena -- por cucharas especiales. fig (8)

FIG. 8

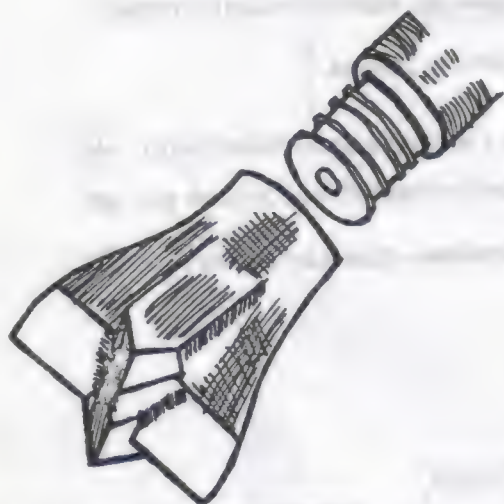


CUCHARAS MUESTREADORAS

Cuando al estar explorando el suelo con barrenos se encuentran depósitos de grava cementadas, boleos o estratos duros de espesor relativamente delgado, puede emplearse una pulseta, la cual es una barra metálica con el extremo inferior en una forma adecuada para romper materiales duros o un trépano como medio de ataque para atravesarlo.

PROTECCION DE LAS MUESTRAS

Las muestras obtenidas son depositadas en bolsas de plástico, anotando en cada una de ellas. La simbología correspondiente al sondeo, No. de muestra, profundidad, así como una clasificación visual de campo. Si se desea, todas estas observaciones pueden anotarse en un registro de campo como el mostrado en la fig. (11), anexando toda la información posible. La capacidad de las bolsas deben registrar, como mínimo, 500 cm³ de material para cada muestra.



TREPANO EN CRUZ



TREPANO COLA DE PESCADO



TREPANO
CON TRES
CUCHILLAS

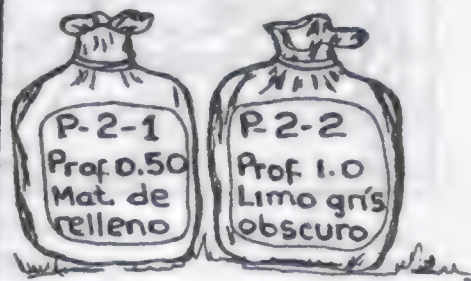
Fig. 10



PROYECTO -----			
PERFORACION Nº P-2			
PROF (m)	MUESTRA	DESCRIPCION DEL SUELO	NOTAS
0.0	COTA	RELLENO MATERIA ORGANICA.	
0.50			
1.00	Nº1	LIMO GRIS OSCURO DE BAJA CONSISTENCIA	
1.50	Nº2	ARCILLA ARENOSA COLOR VERDE CLARO	
2.00	▽ NAE		

A.I.M.C

fig. 11



P-2-1 = Perforación 2 de la muestra 1

P-2-2 = Perforación 2 de la muestra 2

SONDEO POZO A CIELO ABIERTO

Este tipo de sondeo es de los comunmente empleados y recomendados para determinar las propiedades del subsuelo (sobre todo las mecánicas), debido a que las muestras obtenidas son prácticamente inalteradas.

El método queda limitado principalmente al tipo de material y posición del nivel de agua freática. si se desea una mayor profundidad, el procedimiento resulta anti económico, no tanto por el ademe a emplear, sino por el problema del flujo de agua freática hacia el interior.

Es fácil realizar este tipo de sondeo cuando el material es moldeable. Resulta con gran dificultad cuando el material es arena, grava o boleos.

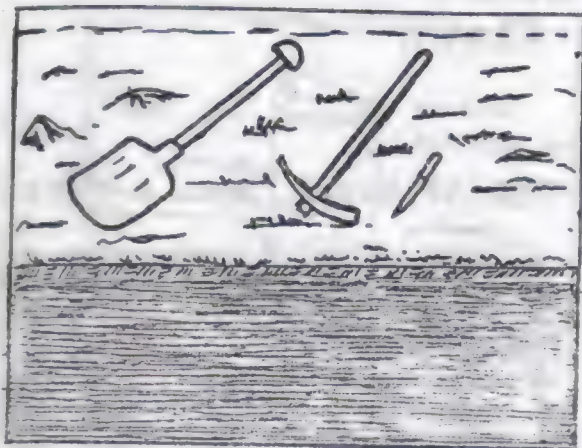
FORMA Y TAMAÑO DE LA MUESTRA

MUESTREO.-

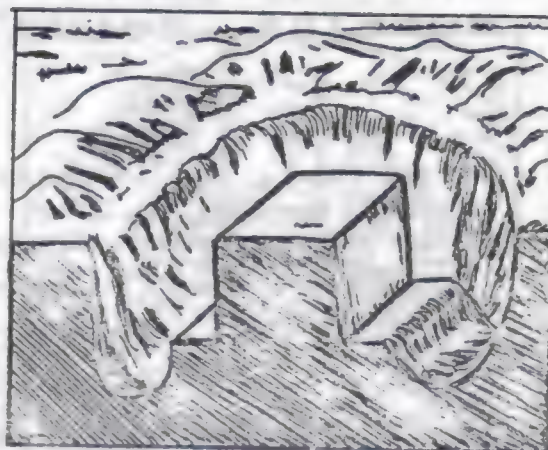
Se requiere que la forma de estas muestras sea cúbica, con dimensiones mínimas en sus aristas igual a 25 cm. aunque pueden también obtenerse en forma cilíndrica.

El sondeo se efectua manualmente con pico y pala, labrandose la muestra como se indica.

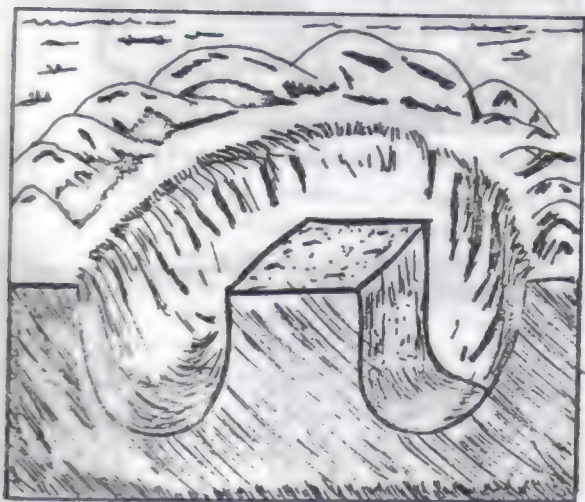
MUESTRA CUBICA DE PISO



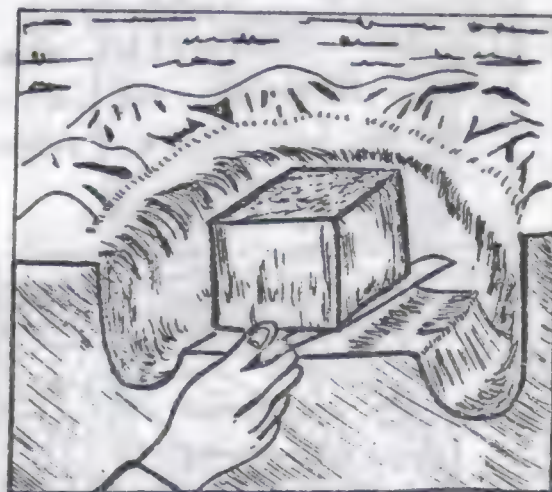
- ① EMPAREJESE LA SUPERFICIE DEL TERRENO MARCANDO UN AREA MINIMA DE 2X2m.



- ③ SE CONTINUA LA EXPLORACION A UNA PROFUNDIDAD MAYOR DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA MOLDEANDOLA CON UN CUCHILLO O ESPATULA.



- ② EXCAVAR CON PICO Y PALA EL CONTORNO DE LA SECCION QUE VA A SERVIR DE BASE PARA LA MUESTRA.

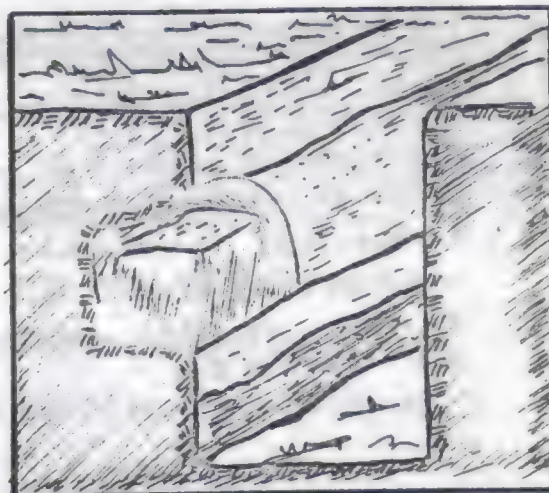


- ④ CUANDO LA MUESTRA HA QUEDADO MOLDEADA, SE PROCEDE A CORTAR CON CUIDADO SU PARTE INFERIOR.

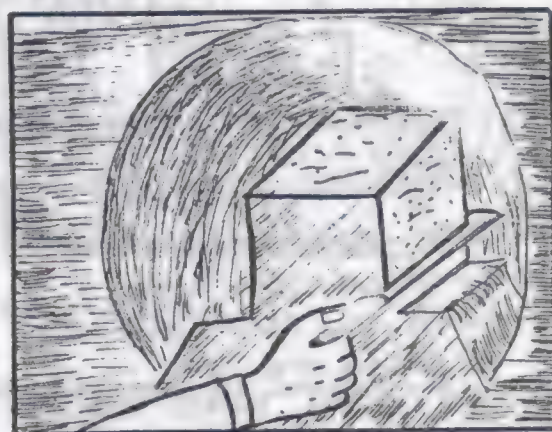
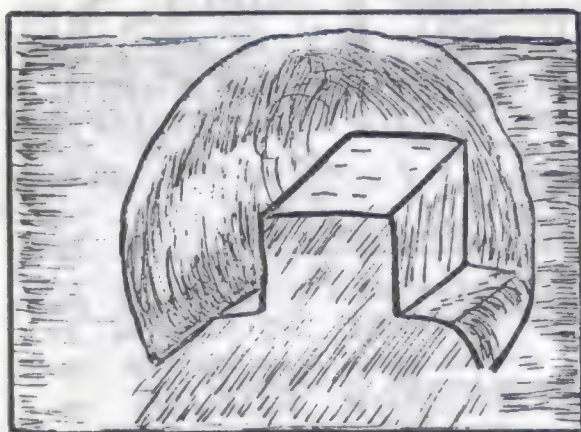
NOTA: ES CONVENIENTE CORTAR LA MUESTRA 5 O 10 CM. ABAJO DE LA PARTE INFERIOR, UNA VEZ QUE SE ENCUENTRE EN LA SUPERFICIE SE PODRA EMPAREJAR CON MAYOR FACILIDAD Y MENOS RIESGO A FRACTURARSE.

MUESTRA CUBICA DE PARED

SI SE DESEA LA MUESTRA PUEDE LABRARSE EN LA PARED DE LA EXCAVACION.



- ① CON UN CUCHILLO O ESPATULA FILOSA MARQUE EL CONTORNO DE LA MUESTRA EMPEZANDO A LABRAR LA PARTE SUPERIOR



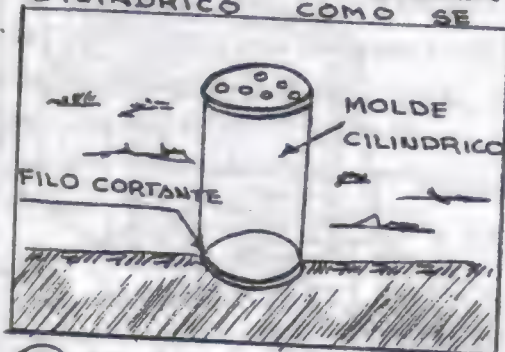
- ② EXCAVE EN TODA LA PERIFERIA DE LA MUESTRA
- ③ SE CORTA LA PARTE INFERIOR DE LA MUESTRA

EN ALGUNOS ESTUDIOS DE PRESAS SE HAN OBTENIDO MUESTRAS POZO A CIELO ABIERTO (P.C.A) HASTA PROFUNDIDADES DE 25m.

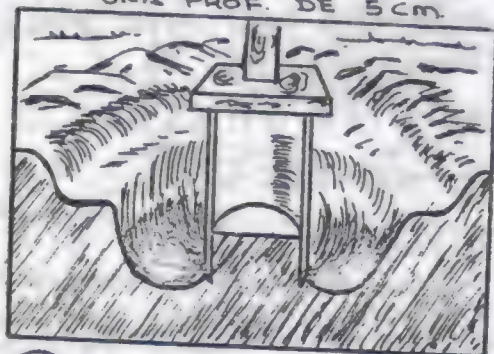
MUESTRAS DE FORMA CILINDRICA

24

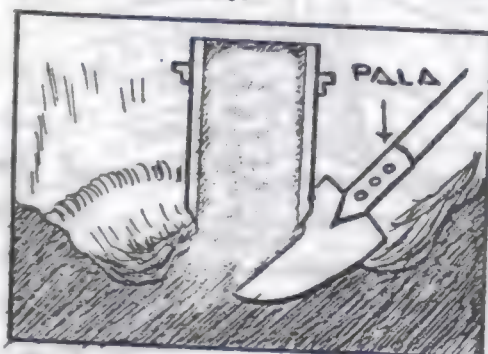
LAS MUESTRAS INALTERADAS PUEDEN SER DE FORMA CILINDRICA. SE OBTIENEN CON UN MOLDE METALICO CILINDRICO COMO SE INDICA.



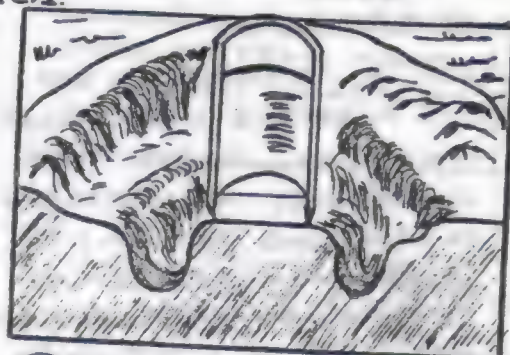
- ① SE EMPAREJA LA SUPERFICIE DEL TERRENO INTRODUCIENDOSE ENSEGUIDA EL MOLDE A PRESION APROXIMADAMENTE A UNA PROF. DE 5CM.



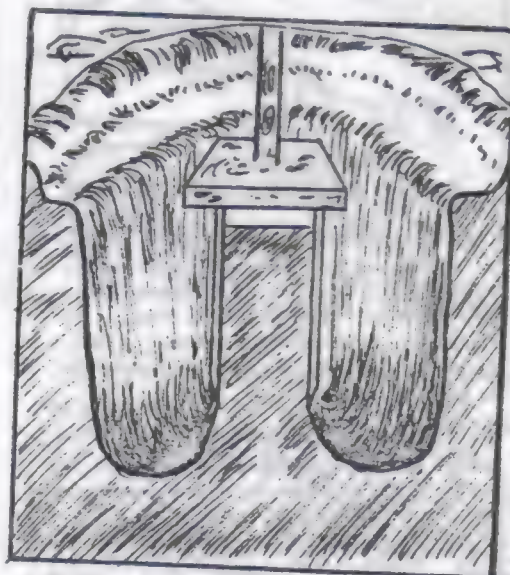
- ③ INTRODUZCA EL MOLDE APLICANDO PRESION EN LA PARTE SUPERIOR HASTA LLEGAR A LA PROFUNDIDAD EXCAVADA.



- ⑤ SE CORTA LA MUESTRA EN LA PARTE INFERIOR YA SEA CON LA PALA O CON UN CUCHILLO.



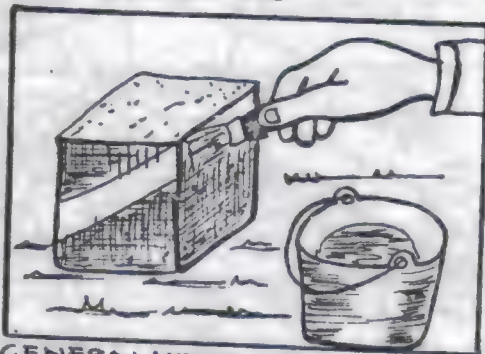
- ② CON EL PICO Y LA PALA SE EXCAVA ALREDEDOR DEL CILINDRO.



- ④ SE CONTINUA LA EXCAVACION HASTA INTRODUCIR TOTALMENTE AL MOLDE

PROTECCION DE LAS MUESTRAS

CON EL OBJETO DE QUE LAS MUESTRAS INALTERADAS CONSERVEN HASTA DONDE SEA POSIBLE SU CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL, SE PROTEGEN CUBRIENDOLAS EN TODA SU PARTE EXTERIOR CON TELA DE CIELO AGREGANDO UNA ALEACION DE BREA Y PARAFINA EN PROPORCION 1:3

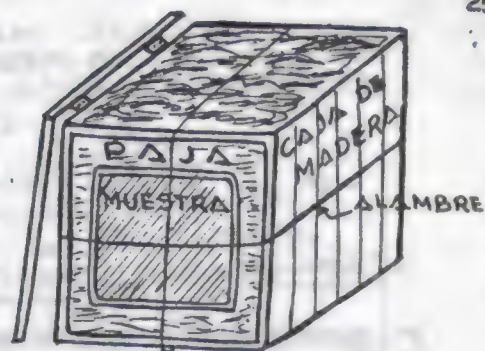


GENERALMENTE SE DAN 3 CAPAS DE PARAFINA. DEBE PROCURARSE QUE ANTES DE APLICAR UNA CAPA LA ANTERIOR HAYA QUEDADO ENDURECIDA.



EN LAS MUESTRAS CILINDRICAS SE DEPOSITARA UNICAMENTE BREA Y PARAFINA EN LA PARTE SUPERIOR E INFERIOR.

NOTA: CUANDO EL MATERIAL ES ARENA ANTES DE CORTAR LA PARTE INFERIOR DE LA MUESTRA, SE PROCEDE A CUBRIRLA CON PAPEL Y SE LE DA UNA CAPA DELGADA DE YESO (1 YESO, 0.2 ARENA, 0.6 AGUA) POSTERIORMENTE SE IMPREGNA CON BREA Y PARAFINA.



LA MUESTRA CUBIERTA CON PARAFINA SE DEPOSITA EN UNA CAJA DE MADERA COLCANDO EN SU INTERIOR PAJA O HIERBA

LAS MUESTRAS POZO A CIELO ABIERTO PUEDEN SER.

- 1- INDIVIDUALES
- 2- COMPUESTAS

MUESTRA INDIVIDUAL ES AQUELLA QUE JUSTIFICA CARACTERISTICAS SIMILARES DE UN MISMO ESTRATO



CUANDO ES NOTORIO EL CAMBIO DE LA ESTRATIGRAFIA DEBEN EXTRAERSE LAS MUESTRAS INDIVIDUALES NECESARIAS.

MUESTRA COMPUESTA

ES LA MEZCLA REPRESENTATIVA DE VARIAS MUESTRAS INDIVIDUALES OBTENIDAS DE UN PERFIL DE SUELO.



LA FORMA DE OBTENER LAS MUESTRAS COMPUESTAS CONSISTE EN EXCAVAR CON UN PICO A PARTIR DE LA PARTE SUPERIOR DEL PRIMER ESTRATO HASTA EL FONDO DEL ULTIMO, DEPOSITANDO EL MATERIAL EN UNA MANTA.

SI EL MATERIAL OBTENIDO ES ABUNDANTE DEBE PROCEDERSE A EFECTUAR EL CUARTEO DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA CON EL OBJETO DE REDUCIRLA.

CUARTEO DE LA MUESTRA EN EL CAMPO

CUANDO EL MATERIAL OBTENIDO TIENE UN PESO MAYOR A 40Kg EL CUARTEO SE REALIZA COMO SIGUE.

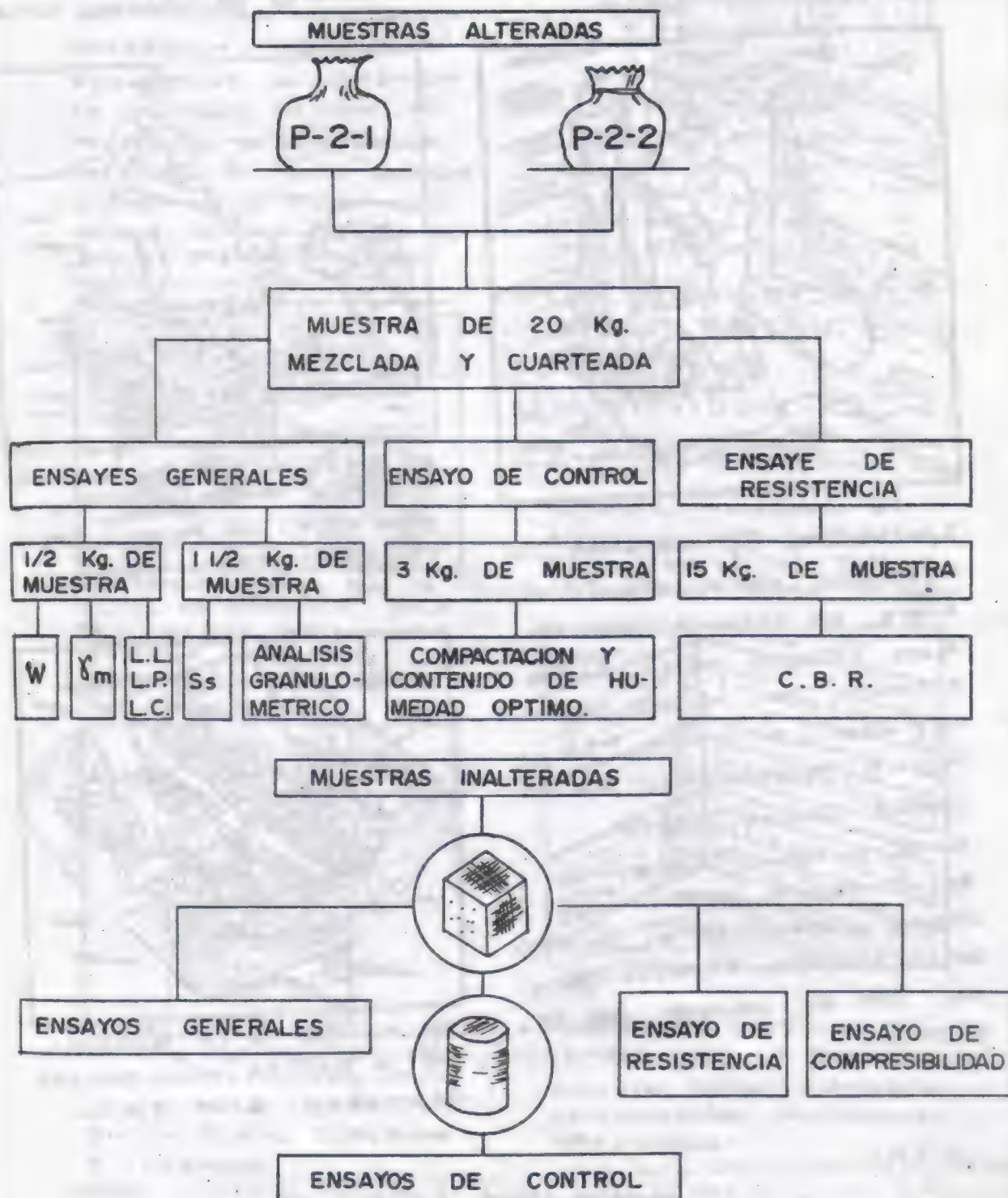


SE MEZCLA Y AMONTONA LA MUESTRA SOBRE LA LONA DÁNDOLE LA FORMA DE UN CONO TRUNCADO.



SE DIVIDE A LA MUESTRA EN 4 PARTES IGUALES DESGARTANDO 2 DE ELLAS.

CANTIDAD DE SUELO NECESARIO EN LOS ENSAYES



Las muestras obtenidas se emplean para determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos.

ALTERADAS	PROPIEDADES ÍNDICE	1. -Características Físicas (forma, tamaño de las partículas, color).
		2. -Contenido de Humedad
	PROPIEDADES MECÁNICAS	3. -Formación Estratigráfica
		4. -Peso volumetrico natural
	PROPIEDADES ÍNDICE	5. -Análisis Granulométrico
		6. -Límites de Consistencia o de Atterberg
	PROPIEDADES MECÁNICAS	7. -Densidad de sólidos.
		8. -Ensayos de Humedad Óptima
	PROPIEDADES ÍNDICE	9. -Compactación proctor(ensaye para inspección o de control)
		1. -Resistencia al esfuerzo cortante (empleando muestras remoldeables. { a)Compresión Simple b)Compresión Triaxial. c)Hardvard Miniatura d)C.B.R.
INALTERADAS	PROPIEDADES ÍNDICE	1. -Características Físicas (Forma, color, tamaño Textura, estructura)
		2. - Contenido de Humedad
	PROPIEDADES MECÁNICAS	3. -Formación Estratigráfica
		4. -Peso Volumetrico Natural
	PROPIEDADES ÍNDICE	5. -Análisis Granulométrico
		6. -Límites de Consistencia o de Atterberg
	PROPIEDADES MECÁNICAS	7. -Densidad de sólidos.
		1. -Resistencia al esfuerzo cortante { a)Corte Directo b)Compresión Simple c)Compresión Triaxial Rápida. d)Compresión Triaxial Rápida Consolidada. e)Compresión Triaxial Lenta. f) C.B.R.
	PROPIEDADES MECÁNICAS	2. -Compresibilidad(Consolidación Unidimensional) { a)Anillo Flo- tante b)Anillo Fijo
		3. -Permeabilidad { Permeámetro carga constante Permeámetro carga variable.

EXPLORACIONES PROFUNDAS.

Cuando las estructuras mandan incrementos de carga considerables al suelo, resulta necesario explorar a una profundidad mayor que la alcanzada mediante un pozo a cielo abierto.

METODOS DE PERFORACION EMPLEANDO EQUIPO MECANICO.

1. -Perforaciones con espirales
2. -Método de percusión y lavado
3. -Método de Penetración Estandar Dinámico
4. -Método de Penetración Cónica (cono Holandés)
5. -Métodos de Muestreo
 - a) Muestreador Shelby
 - b) Muestreador Denison
 - c) Muestreador T. A. M. S.
 - d) Muestreador Wire Line
 - e) Muestreador con Barriles (ROCA)
6. -Método de rotación con tricónica.
7. -Muestreo Mixto.

PERFORACIONES CON ESPIRALES.

Las exploraciones con espirales son utilizadas en los estudios preliminares cuando los suelos son blandos de preferencia; (Arcilla relativamente consistentes o compresibles) logrando -- con ello un avance rápido en el sondeo.

Las muestras obtenidas resultan alteradas de acuerdo al -- proceso de extracción, sirviendo unicamente de base para tener una idea de la forma como estan constituidos los estratos.

La perforación se realiza empleando equipo rotario y cierta presión que es con lo que se va introduciendo la barra (s) espiral, ayudado en su parte inferior por una broca que es la que va cortando el material. fig. (12)

El Sondeo con Espirales puede ser:

CONTINUO. - Cuando el material es transportado a la superficie por la propia rotación del espiral, dificultandose determinar la profundidad a lo que se extrajo.

INTERMITENTE. - Es aquel en el que el Material ha quedado adherido totalmente al espiral.

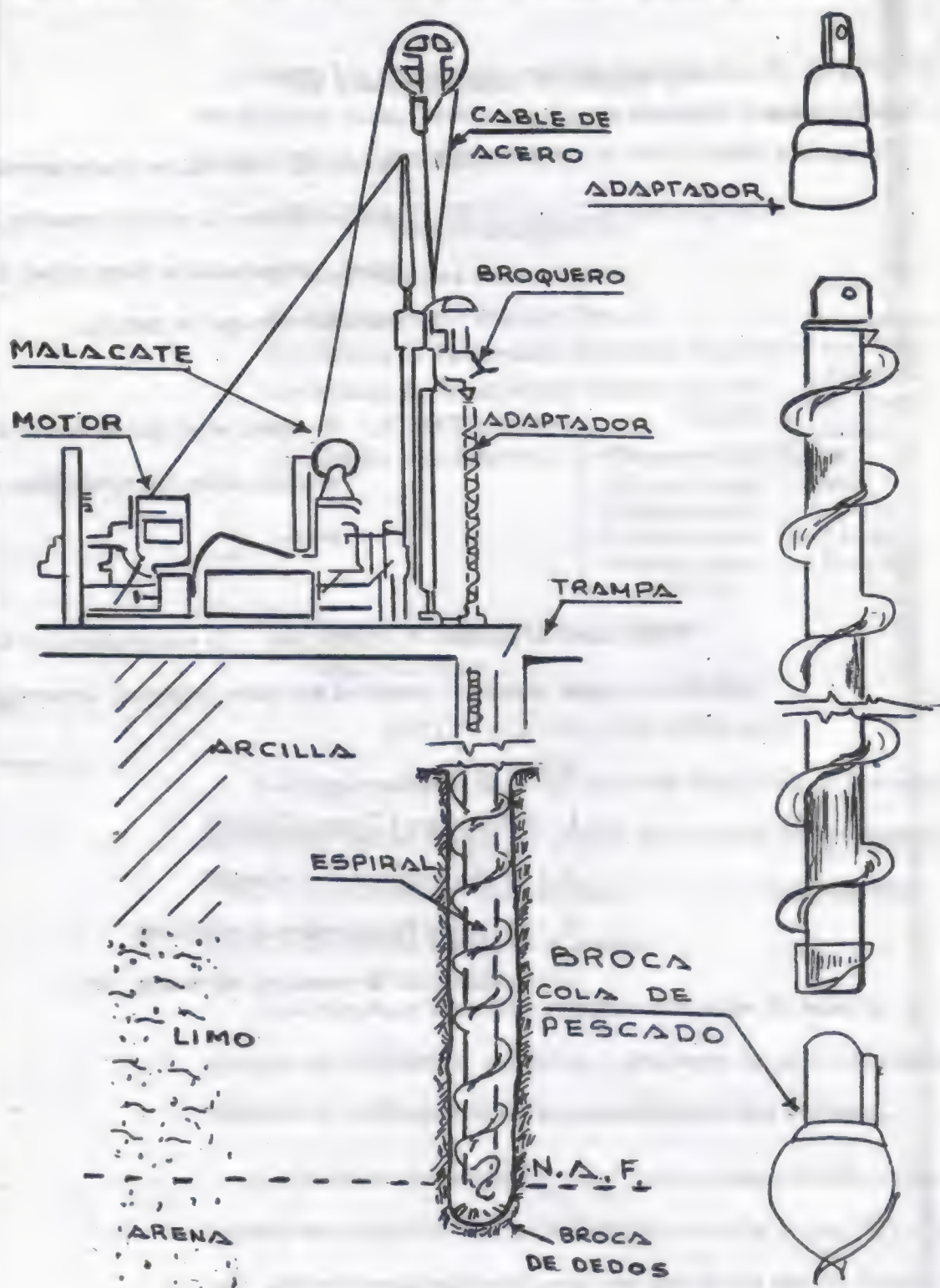
Debe tenerse cuidado en estabilizar la excavación con lodo -- bentonítico o agua cuando el material sea poco cohesivo (arenas, gravas)

EQUIPO:

1. - Peforadora (Torre, Cable)
2. - Triple con Polea (Opcional)
3. - Barrenas Helicoidales (Espirales)
4. - Brocas cola de pescado, de dedos, etc.

METODO DE PERFORACION CON ESPIRALES

31



PERFORADORA PENNDRILL

fig (12)

METODO DE PERCUSION Y LAVADO

Este método se usa por lo general como auxiliar en los estudios de muestreo definitivo. Su exploración se realiza al combinar la energía producida por la caída libre de un trépano, con la inyección del agua sometida a presión a través de las barras de perforación. El agua sale por el extremo inferior del trépano, retornando por el espacio comprendido entre las barras y las paredes de la perforación, transportando el material que ha sido cortado hacia un depósito donde se recolectan las muestras. Con el objeto de facilitar el sondeo, las barras de perforación deben alternarse con movimientos ascendentes, descendentes y de rotación, Fig. (13)

Dependiendo del tipo de suelo que se tenga, se pueden utilizar 3 - diferentes tipos de trépanos por ejemplo, cuando son suelos suaves el trépano de punta realiza eficazmente su labor.

En cambio cuando el material es duro, es preferible usar el de tipo cinzel; cuando se encuentra gravas y cantos rodados, el trépano de cruz es recomendable.

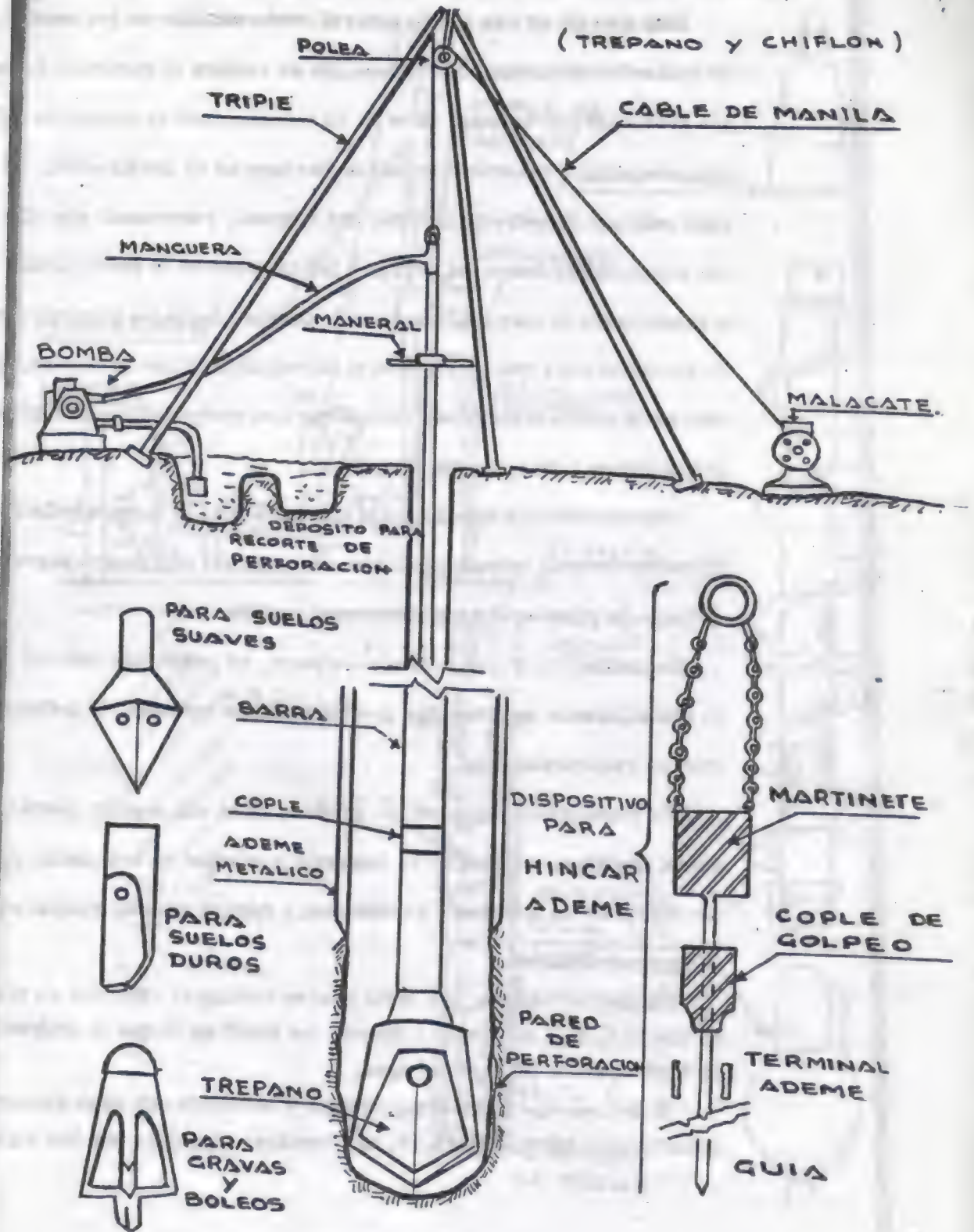
Es conveniente proteger las paredes de la excavación instalando ademe metálico, el cual se va hincando conforme va avanzando el sondeo mediante un martinete y golpeador. Aunque pueden utilizarse otros procedimientos.

Un procedimiento, que suele usarse cuando el material es blando con un % bajo de gravas o boleas, es aquel en el que se utiliza lodo sustituyendo, en parte al agua.

El lodo es una suspensión de agua y bentonita con peso específico comprendido entre 1.06 a 1.15. sus ventajas obtenidas son las siguientes:

METODO DE PERCUSION Y LAVADO

33



TREPANOS

fig (13)

- 1.- Facilita la extracción del material de rescate
- 2.- Reduce la deposición de azolves en el fondo del pozo
- 3.- Mejora la estabilidad de las paredes de la perforación, eliminando con ello el ademe metálico.
- 4.- Se puede apreciar con mayor claridad los cambios de la Estratigrafía del Sub-Suelo.

Los lodos deben reunir ciertas características, debido a que su comportamiento resulta sumamente complejo, siendo las más importantes:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1.- Dimensión de las partículas | |
| 2.- Cantidad de agua libre | |
| 3.- Densidad | |
| 4.- Viscosidad | } Condiciones que ayudan al sostenimiento de las paredes del Sondeo, y la trabajabilidad del lodo. |
| 5.- Tixotropía | |
| 6.- Carga eléctrica de la suspensión. | |

MUESTREO

La muestra se obtiene al dejar reposar el agua en suspensión que ha sido arrastrado y transportado a través de las paredes y barras de perforación, hasta sedimentar el material, en esta forma se van constituyendo las muestras, resultando del tipo no representativo, los cuales sirven de base para darse una idea del tipo de material existente

POSIBLES ERRORES.

El error que pueda cometerse con este tipo de sondeo, es definir los estratos que pueden llegar al orden de un metro.

Es necesario que la persona encargada de efectuar la exploración lleve consigo un registro, en el que aparezca:

1. - Fecha de la perforación.
2. - Elevación con respecto a un banco de nivel
3. - Profundidad de los estratos
4. - Nivel de aguas fráticas N.A.F.
5. - Clasificación de materiales en el campo
6. - Perdidas de fluido de perforación
7. - Equipo con que se perforo.

EQUIPO.

1. - Bomba con Manguera.
2. - Malacate Cable
3. - Triple con polea.
4. - Swivel y Maneral
5. - Barras de Perforación
6. - Martinete
7. - Trépano
8. - Ademe

METODO PENETRACION ESTANDARD DINAMICO.

Dentro de los procedimientos comunmente usuales para explorar los suelos se encuentran sin duda, el método de penetración estándar dinámico. Aunque se encuentra dentro de los estudios preliminares da resultados satisfactorios sin importar que las muestras obtenidas sean del tipo alterado representativo. En forma simultanea proporciona valores de resistencia al esfuerzo cortante.

El método consiste en introducir (hincar), a base de golpes, un muestreador denominado tubo liso partido o de media caña de 3cm. de diametro interior y 60 cm. de longitud, por medio de un martinete de 64 kg. de peso, el cual se deja caer libremente de una altura constante de 75 cm. Por lo tanto, para introducir el tubo requerira de -- un determinado número de golpes:

Debido a la alteración que llega a tener la muestra en forma ---- práctica, no se cuentan los golpes al penetrar en los primeros y últimos 15 cm. del tubo, unicamente en los 30 cm. intermedios.

Después de haberse introducido el tubo partido, se extrae con ayuda de un malacate, se desatornilla el tubo quedando dividido en 2 partes la muestra obtenida se deposita en bolsas de plástico o en frascos anotando su correspondiente tarjeta de identificación.

Para continuar el sondeo se acopla un segundo tubo partido, procediendo a repetirse la misma secuencia las veces que sea necesario hasta llegar a la profundidad deseada . Fig. (14)

PENETRACION ESTANDAR DINAMICO .

37

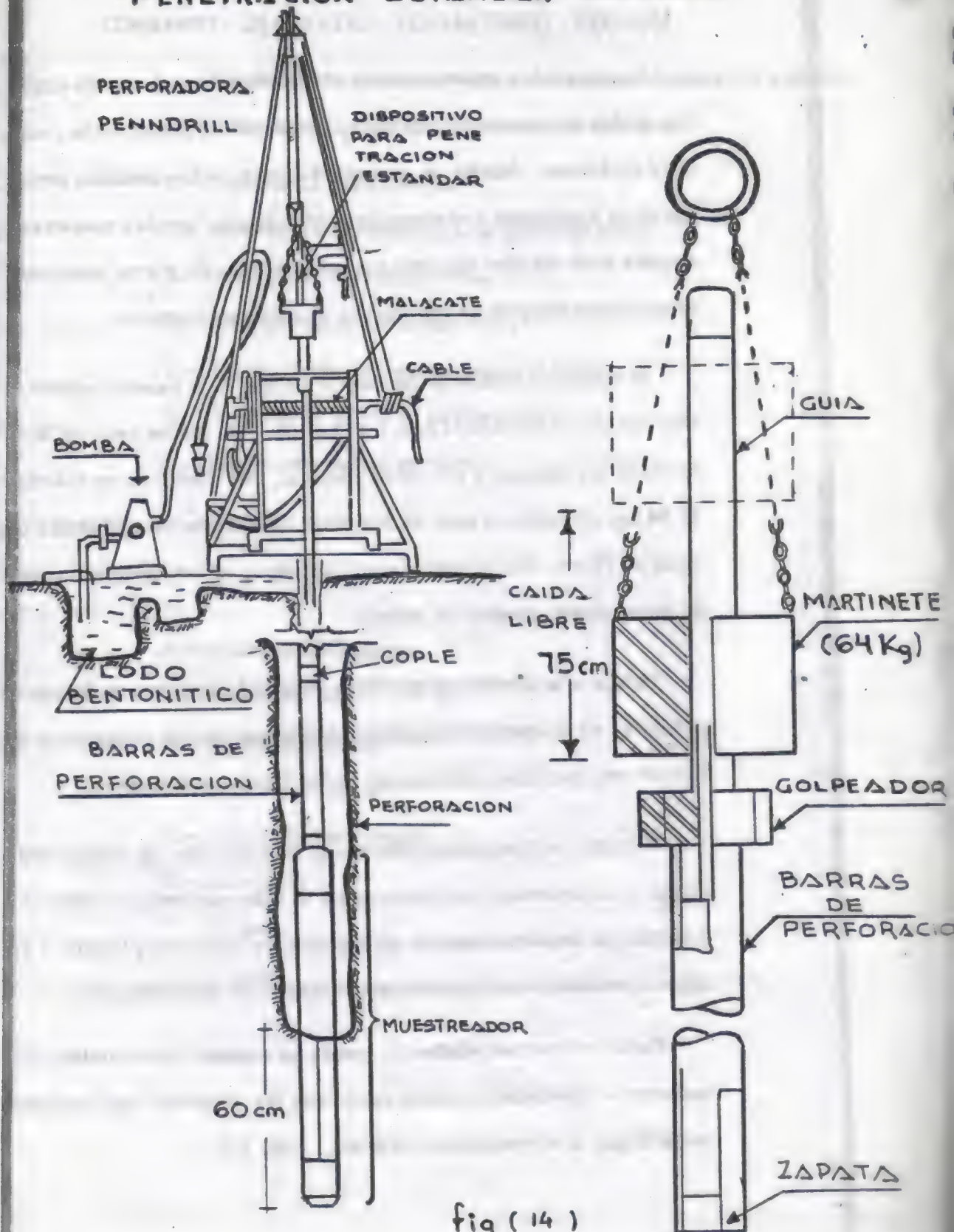


fig (14)

CARACTERISTICAS DEL TUBO PARTIDO

El tubo partido es un muestreador, que como su nombre lo indica está constituido de dos partes. Es un tubo de acero cortado longitudinalmente, unido en sus extremos por una cabeza en uno, (se emplea para unir el muestreador a las barras de perforación) y en el otro, por medio de una zapata de borde cortante que facilita el hincado.

La cabeza contiene un dispositivo obturador, el cual tiene como misión evitar que la muestra se deslice cuando se recupera el muestreador. Al estar realizando el muestreo, la muestra comprime el aire encerrado en el tubo, esto hace que la presión del mismo levante el obturador (Pelota de hule la cual permite la salida del aire comprimido). Cuando ha terminado el muestreo, el vacío provocado por él nulifica el movimiento de la muestra y en forma simultanea impide que, sobre la muestra actúe la presión del agua o del lodo de perforación, que en un momento dado perjudicaría a la muestra.

Uno de los artificios que se llevan a cabo cuando el material es suelto, consiste en colocar una trampa de hojas de la misma con una bolsa de polietileno enrasada en la parte inferior del tubo o una trampa que funcione como válvula Check.

El número de golpes requerido para penetrar cada tramo de tubería indica el grado de compacidad, el cual se ha correlacionado con el ángulo de fricción interna, cuando los suelos son friccionantes (arenas) y en suelos cohesivos (arcillas o limos plásticos) con la consistencia proporciona valores de carga última a la compresión simple.

Ver tablas 5, 6, 7) y Figs. (15) (16)

TABLA 5

PARA CLASIFICAR LA COMPACIDAD EN ARENAS
Y CONSISTENCIA EN ARCILLAS

ARENAS Y LIMOS NO PLASTICOS		ARCILLAS Y LIMOS PLASTICOS		
RESISTENCIA A LA PENETRACION (N")	COMPACIDAD	RESISTENCIA A LA PENE TRACION	CONSISTENCIA	Kg/cm ²
0 - 4	MUY SUELTA	MENOR DE 2	MUY BLANDA	MENOR DE 0.
5 - 10	SUELTA	2 - 4	BLANDA	0.25 - 0.5
10 - 30	MEDIA	4 - 8	MEDIA	0.5 - 1.0
30 - 50	COMPACTA	8 - 15	FIRME	1.0 - 2.0
MAYOR DE 50	MUY COMPACTA	15 - 30	MUY FIRME	2.0 - 4.0
		30	DURA	MAYOR DE 4

TABLA 6

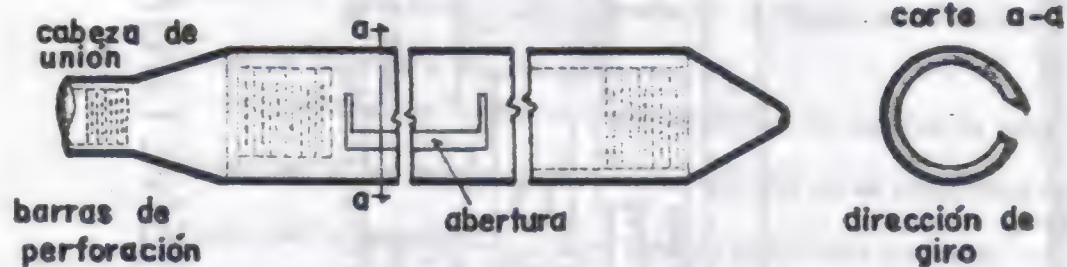
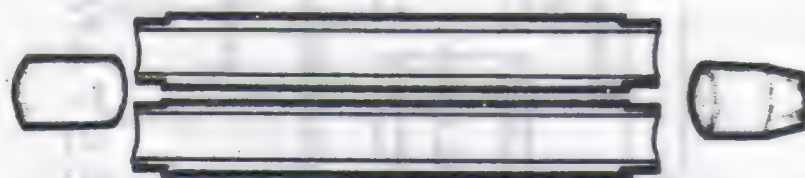
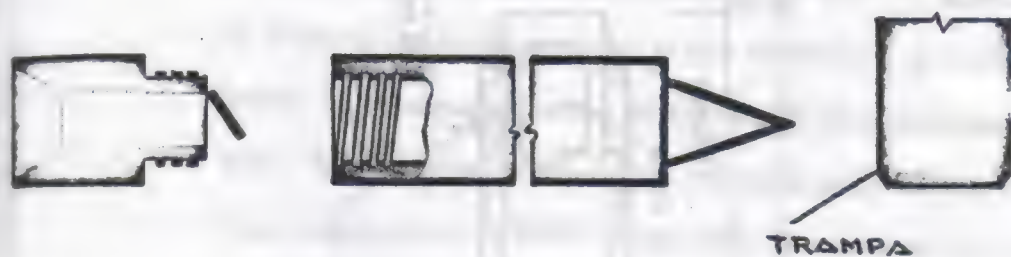
PARA ARENAS LIMPIAS

RESISTENCIA A LA PENETRACION (N")	COMPACIDAD	ANGULO DE FRICCION ϕ
0 - 30	SUELTA	28.5 a 34°
30 - 50	DENSA	35° a 46°

TABLA 7

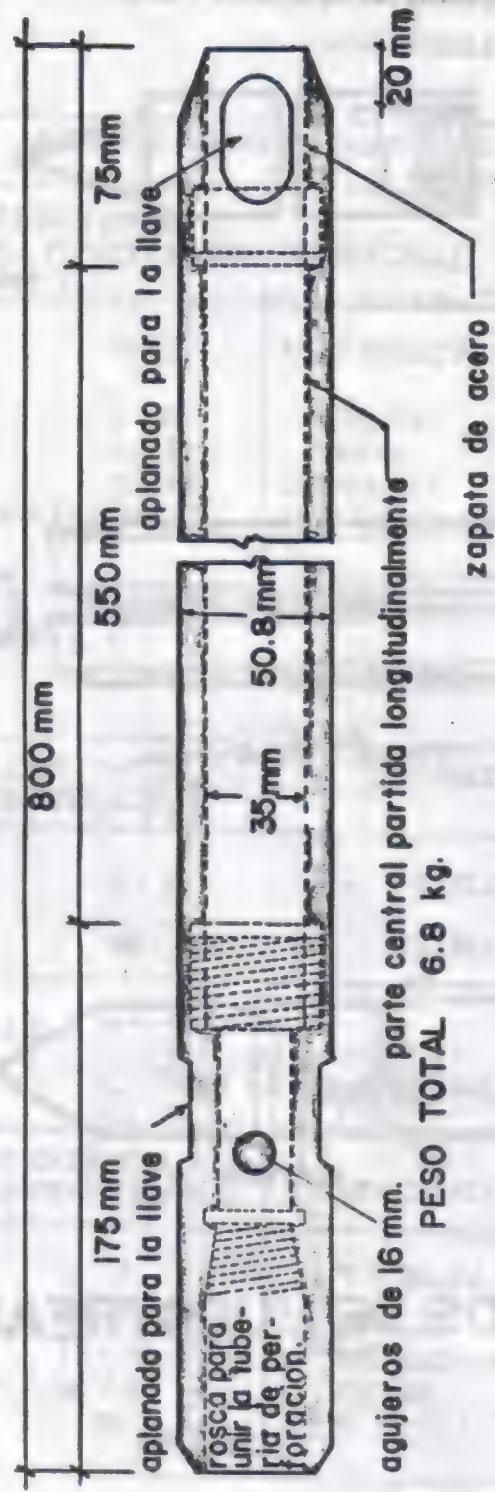
PARA ARENA CON LIMO O ARCILLA

RESISTENCIA A LA PENETRACION	COMPACIDAD	ANGULO DE FRICCION ϕ
0 - 5	MUY SUELTA	28°
5 - 10	SUELTA	28° - 30°
10 - 30	MEDIANA	30 - 34°
30 - 50	DENSA	34 - 37°
50	MUY DENSA	37°



TIPOS DE MUESTREADORES

fig (15)



PENETROMETRO ESTANDAR

fig. (16)

N = Número de golpes.

q_u = Resistencia a la compresión simple.

Nominalmente este procedimiento da una idea aceptable cuando el material es friccionante en lo que respecta a su compacidad relativa, quedando en libertad de analizarse el comportamiento mecánico. Debe tenerse presente que mediante este método no se pueden tener datos exactos, sobre todo cuando el material en estudio está constituido por arenas muy finas o de baja permeabilidad y más -- aún cuando se encuentran abajo del nivel freático. Teniendo una -- compacidad mayor a 15 golpes debe efectuarse una corrección, modificando el número de golpes aplicando la siguiente formula:

$$N = 15 + 1/2 (N' - 15)$$

siendo:

N = Número de golpes corregido.

N' = Número de golpes de la prueba.

Como puede observarse el valor obtenido resulta mayor al -- inicial. Este incremento de golpes se ha tomado en cuenta debido a las tensiones capilares que se producen al dilatarse el material -- cuando se introduce el penetrómetro.

En el caso de materiales permeables o de arenas de baja -- compacidad no se registra corrección, ya que no se presentan tensiones por la rapidez con que se disipan presiones de poro.

En forma completa, los valores registrados en la prueba de -- penetración estandar dinámica deben verificarse y corregirse con los obtenidos en pruebas sobre muestras inalteradas.

Quando los suelos son cohesivos existe cierta discrepancia: en forma práctica se usan los mismos valores a juicio del ingeniero, debiéndose tomar en cuenta los siguientes factores:

- 1.- Contenido de finos
- 2.- Tamaño predominante del material
- 3.- Presencia de gravas (Elevan el No. de golpes)
- 4.- Condiciones de saturación

Quando los estratos se encuentran muy compactos es preferible suspender el ensaye al llegar a 50 golpes, sin importar que no se haya penetrado los 30 cm. especificados registrando la resistencia a la penetración como 50/d, siendo "d" la profundidad hincada en los 50 golpes.

Por otra parte si los estratos contienen gravas, boleas, cantos rodados etc., el ensaye de penetración resulta erróneo, ya que la resistencia del subsuelo se incrementa. Por lo tanto cuando se presenten estos tipos de materiales, es recomendable emplear la pulseta, el trépano, o utilizar equipo rotario.

EQUIPO NECESARIO.

- 1.- Triple con polea
- 2.- Muestreador estandar (tubo de media caña o penetrómetro estandar)

Antes de iniciar el ensayo, el muestreador debe encontrarse perfectamente limpio, engrasando su parte interior y la zapata de corte.

- 3.- Martillo o martinete.- Elemento formado por un martinete de, 63. 5 Kg. (140 lb) de peso y tubo guía que permite al martillo una caída libre de 76.2 Cm. (30").

4. - Barras de perforación. -De preferencia de 1 29/32" de diámetro.
5. - Cabeza de golpeo. -Dispositivo formado por un tubo cople o cabeza especial, para recibir y detener el martinete.
6. - Ademe
7. - Malacate.
8. - Varios. -Llaves stillson, cable, junta giratoria, llave de cadena recipientes para muestras, parafina, brea, registro etc.

POSIBLES ERRORES

1. -Se debe procurar limpiar el sondeo cada vez que sea extraído al muestreador.
2. - El peso del martinete y la altura de caída del mismo deben de --
-- checar con lo especificado en el ensayo.
3. - La longitud de penetración debe ser realmente de 30Cm.

Es necesario indicar la profundidad a la que se encuentra el --
-- nivel de aguas freáticas. Generalmente, en el caso de las arenas, --
-- el N.A. F. se determinara en un tiempo mínimo de 30 minutos des--
-- pués de haber finalizado el sondeo en limos, después de 24 horas
y en el caso de las arcillas resulta complejo definir el tiempo por
las características que reúne el material, adoptandose en forma --
-- práctica 24 horas también.

IPN
ESIA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
INGENIERIA EXPERIMENTAL

NUM

PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR

LUGAR FECHA
SONDEO PROFUNDIDAD

CLASIFICACION

ESTRATIGRAFIA

PROFUNDIDAD
m

o LIMITE LIQUIDO
+ LIMITE PLASTICO
□ CONTENIDO NATURAL
DE HUMEDAD
20 40 60 80 100

NUMERO DE GOLPES
PARA PENETRAR 30cm

10 20 30 40 50

SIMBOLOS CONVENCIONALES



ARCILLA



LIMO



BOLEO



ARENA



GRAVA

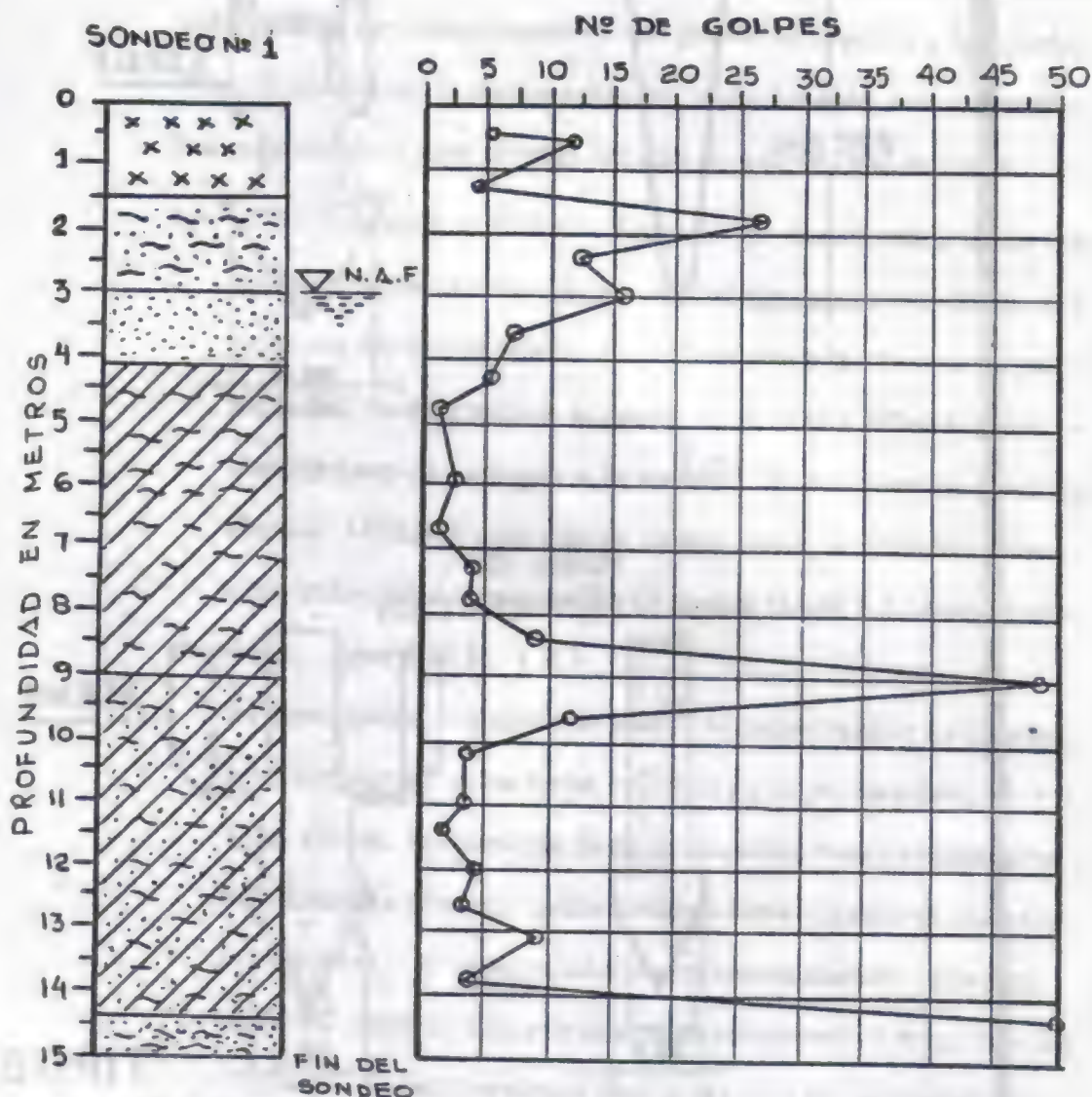


RELLENO

BRIGADA Nº GRUPO

RESULTADOS Y PRESENTACION

LOS VALORES OBTENIDOS DE UN SONDEO DE PENETRACION ESTANDAR DINAMICA SE REPRESENTAN EN FORMA GRAFICA COMO SE INDICA.



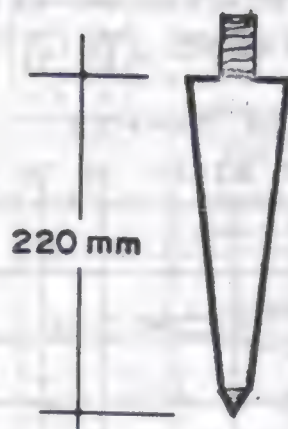
SONDEO DE PENETRACION ESTANDAR DINAMICO

PESO DEL MARTILLO 63.5 Kg

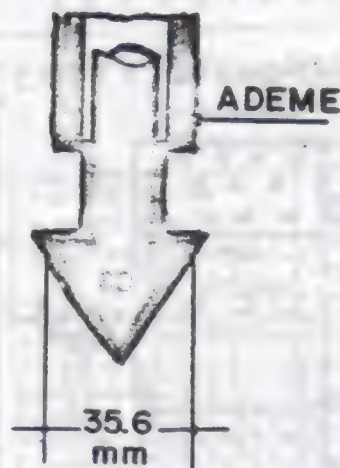
ALTURA LIBRE DE CAIDA 75 cm.

LONGITUD DE PENETRACION = 30 cm.

fig (18)



(a)

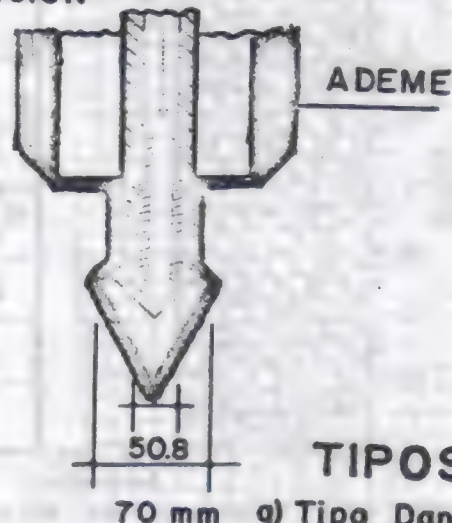


(b)

TUBO DE
PERFORACION



(c)



(d)

TIPOS

- a) Tipo Danés
- b) Tipo Holandés
- c) Tipo para ensa-
ye dinamica.
- d) Tipo de inyec-
cion.

PENETROMETROS CONICOS

Fig (19)

Para determinar las propiedades mecánicas de los suelos, es necesario obtener muestras inalteradas debido a que conservan su estructura y propiedades físicas naturales Y para ello es indispensable contar con muestreadores que permitan avances a las profundidades deseadas. A continuación se mencionarán y describirán los más usuales, dependiendo del tipo de estrato que se tenga.

1. - MUESTREADOR SHELBY. - Este tipo de muestreador no es más que un tubo de lámina unido a una cabeza por medio de dos prisioneros (tornillos allen) El cual se une a las barras de perforación, encontrándose alojadas en ellas una válvula check, - con el objeto de proteger a la muestra de las presiones Hidrostatáticas. Mediante este tipo de muestreador se obtienen muestras inalteradas básicamente en suelos blandos (Limos, arcillas). figs. (20), (21)

Es conveniente que antes de hincar el muestreador en el pozo, debe limpiarse el material residual en la perforación, en --- igual forma, las paredes de la perforación deben encontrarse estabilizadas con lodo bentonítico y ademe (cuando el material lo requiera). El muestreador se va introduciendo a presión - en forma continua con una velocidad comprendida entre 15 y 30 cm/seg. Cuando se tienen suelos blandos con alto contenido de humedad, es conveniente dejar en reposo el muestreador durante cierto tiempo, con el objeto de ayudar a que se incremente la adherencia.

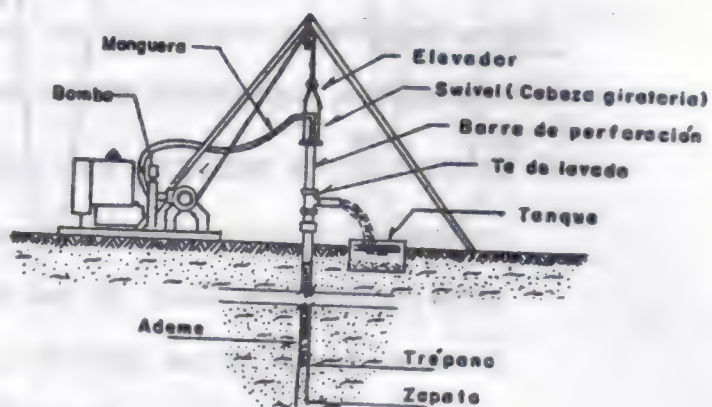


Fig. 2

SONDEOS EN HUMEDO

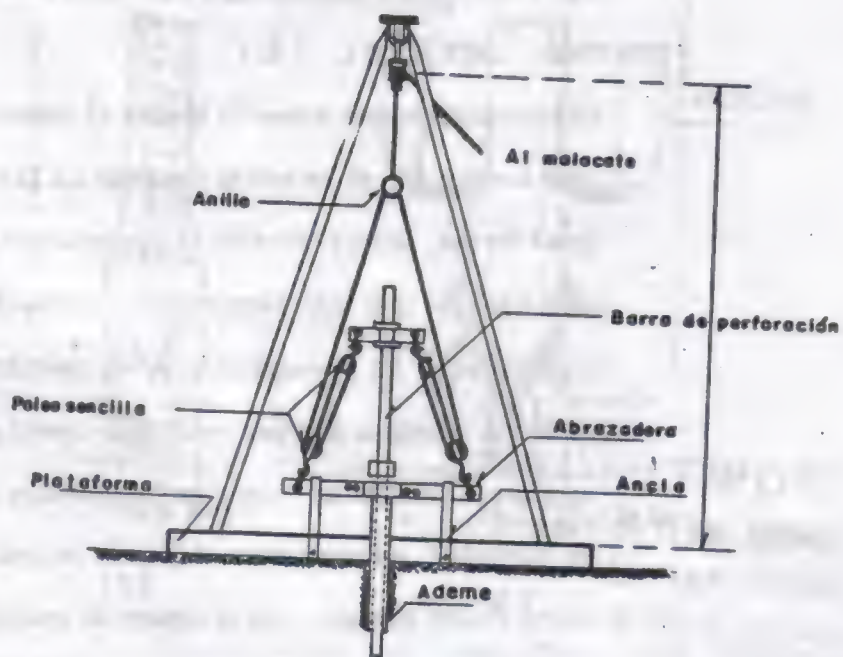


Fig. 3

SONDEOS MEDIANTE HINCADO A PRESION DE TUBOS DE PARED DELGADA

fig. 20



MUESTRA DE TUBO
CON LINEA SPLIT



MUESTRA TUBO SHELBY
THIN-WALLED

fig (21)

entre el material y tubo. Una vez que se ha logrado esto se hacen girar las barras de perforación antes de sacar el tubo del sondeo logrando así cortar el extremo inferior de la muestra. Al estar introduciendo el tubo muestreador se llega a producir un remoldeo en la muestra, alterandola ligeramente. Esta alteración esta en función de las dimensiones del tubo en lo que respecta primordialmente al espesor de sus paredes, por lo tanto, mientras mas delgadas sean estas, menos será el grado de alteración. El grado de alteración se determina de acuerdo a la expresión:

$$A\% = \frac{D_e^2 - D_i^2}{D_e^2}$$

De = Diámetro exterior
Di = Diámetro interior

El diseño del muestreador debe justificar la siguiente relación:

- 1.- $10 \leq 15\%$
- 2.- Espesor del muestreador $3 \leq 4\%$ del diámetro del tubo

DIMENSIONES DEL TUBO SHELBY MAS EMPLEADOS.

Diámetro exterior 6.35 Cm (2 1/2") 7.62 Cm. (3") 8.89 Cm. --
(3 1/2")

Diámetro interior 6.03 Cm. (2 3/8") 7.30 Cm. (2 7/8") 8.57 ---
(3 3/8")

El inconveniente del tubo shelby es que sólo puede utilizarse una sola vez, debido a que para sacar la muestra con un mínimo de alteración es necesario cortar el tubo en tramos.

Después de que ha sido extraído el muestreador, se procede a -

desacoplar el tubo o camisa que contine la muestra, clasificando el material en los extremos. Se sella instantaneamente con para fina y brea.

En la parte superios de la muestra se anota la fecha, n^o - mero de sondeo, profundidad, identificación de material, porcenta je de recuperación.

2.- MUESTREADOR DENISON.-Cunado se encuentran suelos cohesivos con un contenido de humedad nulo o realtivamente com pactos, el tubo shelby resulta impropio por la dificultad que re- presenta al hincarse. Se tiene que recurrir a muestreadores -- más elaborados siendo el Denison el apropiado en estos casos, - siempre y cuando el material no contenga grava.

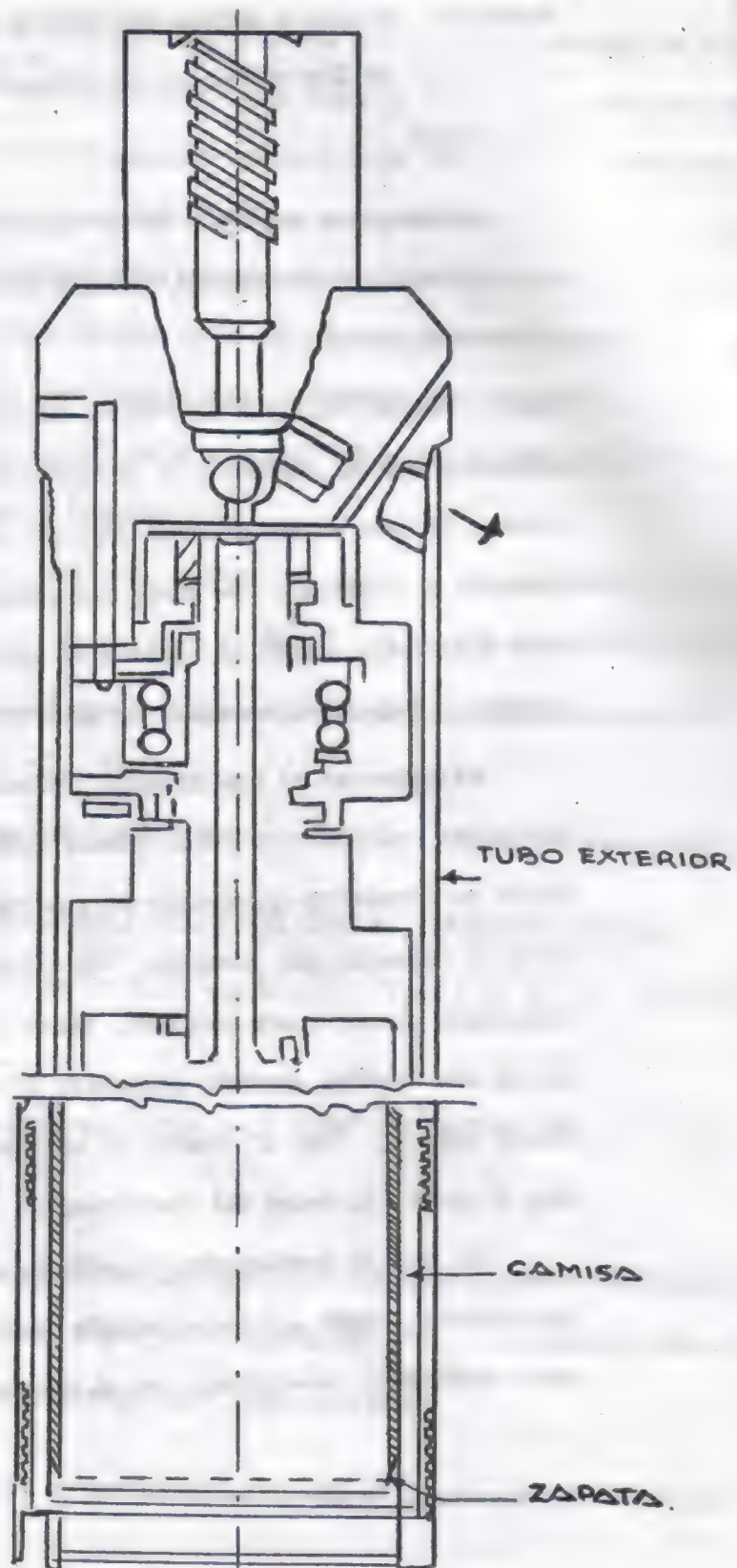
Básicamente el muestreador Denison consta de tres partes Dos tubos concéntricos y una cabeza doble giratoria. El tubo ex terior se encuentra constituido de una zapata dentada, la cual -- corta el material por rotación, en cambio, el tubo inferior y el dispositivo donde queda acoplado, reúne caracterfsticas semejan- tes al tubo shelby, estando conectado al cuerpo de la cabeza me diante baleros. Por tal motivo, el tubo interior permanece está tico al girar el resto del muestreador.

En todo el transcurso del ensaye, al estarse hincado el muestreador, debe aplicarse presión vertical utilizando el sis - tema hidráulico, procurando que al estarse efectuando la rota -

fig 22

BARRIL DOBLE TIPO SWIVEL

53



ción el tubo interior no gire, introduciendo así mismo la circulación del lado de perforación. La velocidad de rotación para el tubo exterior debe estar comprendida entre 50 y 200 r.p.m: después que ha sido llenado el muestrador y extraído, se procede a cortar el tubo inferior en forma similar como el tubo shelby fig (22)

3.- MUESTREADOR T.A.M.S. (Tippe-Ammet-Mc Carthy-Stratton). Este tipo de muestrador es empleado cuando se tiene suelos de alta resistencia, en los que el muestrador Denison presenta dificultades al introducirlo aunque su forma de operar es semejante, se encuentra formado por dos tubos concéntricos el interior de ellos lleva una zapata lisa, la cual se encuentra montada en baleros y el exterior mantiene una espiral que se encarga de extraer el material que ha sido cortado por un gavi - lan que se encuentra instalado en el extremo.

El muestrador se une mediante una cabeza a las barras de perforación, las cuales, a su vez, se acoplan a la máquina rotaria, cuya velocidad se encuentra comprendida entre 50 y 100 r.p.m. dependiendo de la facilidad o dificultad que presente el suelo Fig. (23)

MUESTREADOR T.A.M.S

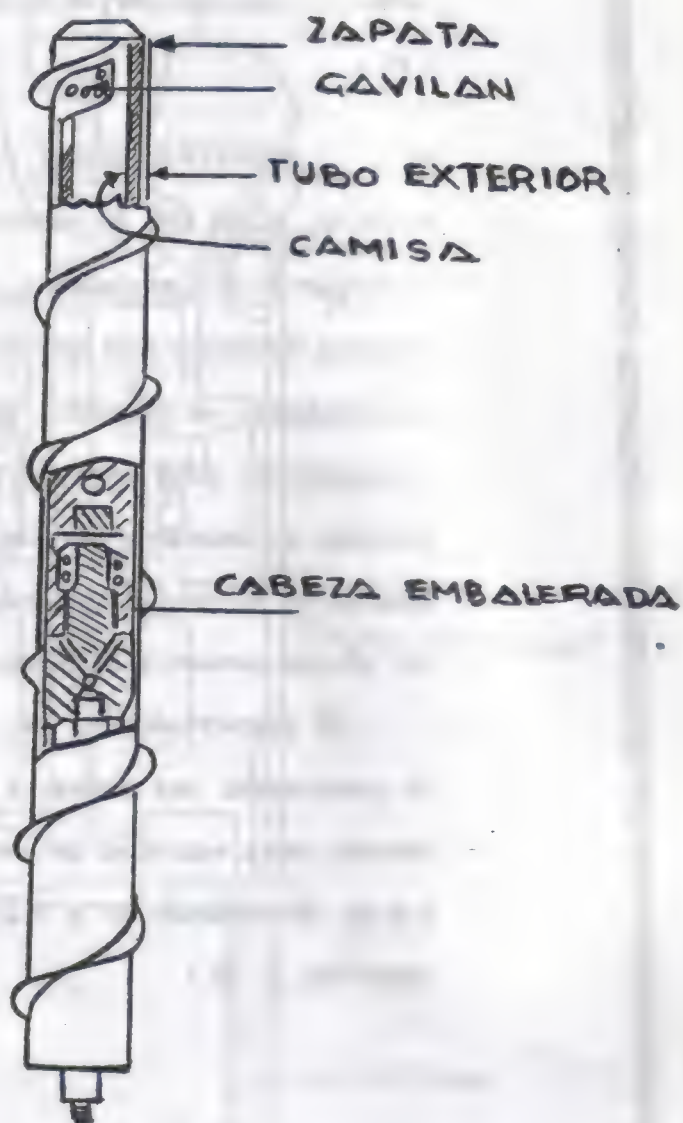


fig 23

METODO DE ROTACION CON TRICONICA.

Mediante este método se puede recavar una información rápida. Cuando el material por atacar presenta dificultad a la ruptura (Grava, boleas, estrato rocoso), el tipo de muestra obtenido es alterada, sirviendo únicamente para clasificar el material, - definir el espesor del estrato y realizar las pruebas índice convenientes.

La operación del equipo es mecánica, con movimientos de -- rotación en forma simultanea y aplicando presión vertical a la -- broca constituida de diamante. Fig. (24)

La broca puede ser bicónica o tricónica. La primera esta --- constituida de dos ruedas dentadas empleandose en estratos suaves, la segunda tiene una aplicación más general, ya que se utiliza en suelos de resistencia considerable.

La velocidad de rotación, al igual que la presión aplicada a la broca, esta en función del tipo de material por atacar.

MUESTREO MIXTO.

Dependiendo de las características que presenten cada uno de los estratos al estar realizando el sondeo, dará la pauta a seguir para hacer una serie de combinaciones de acuerdo con los diversos procedimientos de exploración asentados en estas notas, con el objeto de recavar el mayor número de datos conforme al problema que se presente.

Cuando los estudios de exploración requieren de profundidades considerables, ya sea por las condiciones a que va estar sujeta -- una estructura, a la importancia de la misma o a la - - - - -

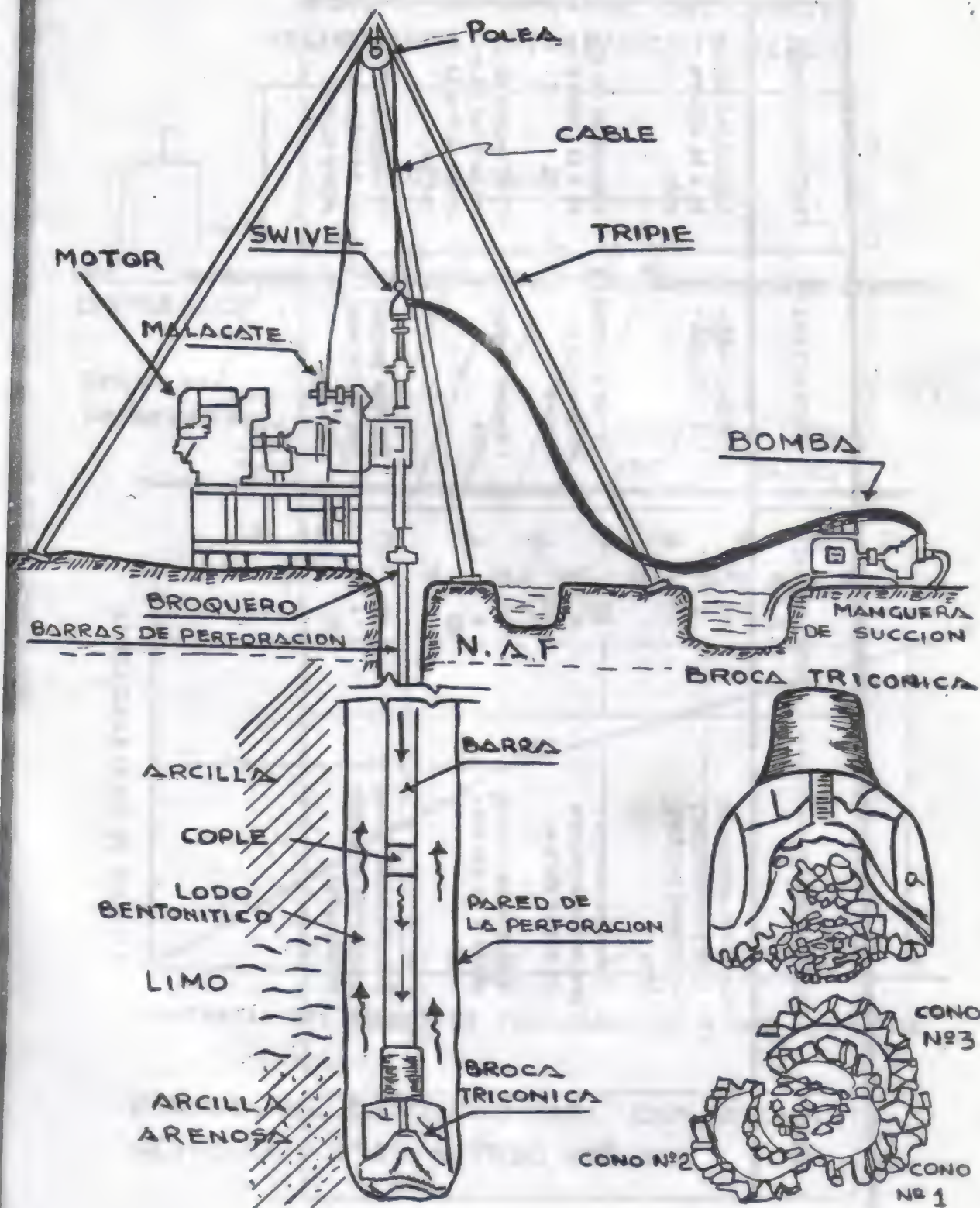
dificultad que presenten los estratos al estar realizando los sondeos, estando en función el tiempo, es necesario, en estos casos emplear maquinaria de avance hidráulico, llegando a tener las siguientes ventajas:

- 1.- En suelos duros facilita su avance.
- 2.- Se pueden efectuar, sondeos a profundidades hasta de 500 Mts.
- 3.- Las muestras que se obtienen son de tipo inalterado.
- 4.- Los tramos de tubería se unen por medio de coples rosca-

Teniendo el inconveniente que el equipo empleado así como el de la maquinaria utilizada son costosos.

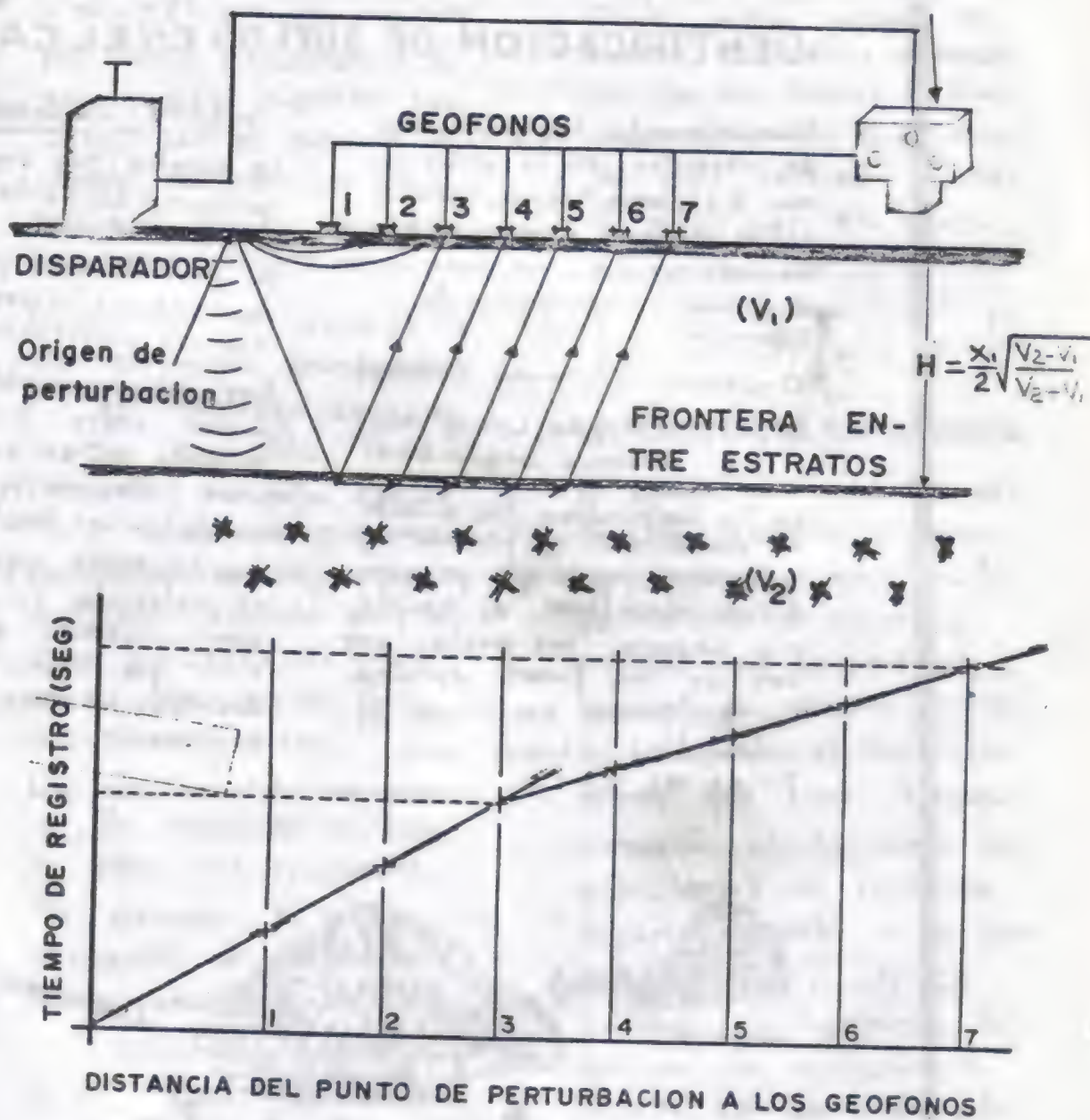
PERFORACION CON TRICONICA Y LODO BENTONITICO

58



TIPO	FORMACIONES	VELOCIDAD R.P.M.	GEOMETRIA	OBSERVACIONES
1	Estratos suaves de baja resistencia y fácilmente perforables.	90 a 200	dientes delgados y profundos	Capacidad de corte a la trituración
2	Estratos suaves con incrustaciones de capas duras.	80 a 125	Dientes menos delgados y profundos	Capacidad de corte a la trituración.
3	Medio duras, abrasivas y no abrasivas	40 a 60	Dientes Pequeños	Predominio de la capacidad de triturar sobre la de cortar.
4	Formaciones duras compuestas altamente abrasivas	40 a 60	Dientes pequeños y gruesos	Predominio Franco de trituración; sobre corte.

EQUIPO AMPLIFICADOR, OSCILOGRAFO,
REGISTRADOR FOTOGRAFICO Y RELOJ.



ESQUEMA DEL DISPOSITIVO PARA EXPLORACION
GEOFISICA POR EL METODO SISMICO

IDENTIFICACION DE SUELOS EN EL CAMPO

Nominalmente los suelos que se presentan en la práctica son 5 (Gravas, Arenas, Arcillas, Limos, materia orgánica). Los suelos se han dividido en 2 grupos principalmente. (Gruesos y finos).

Gruesos : (Gravas, Arenas)

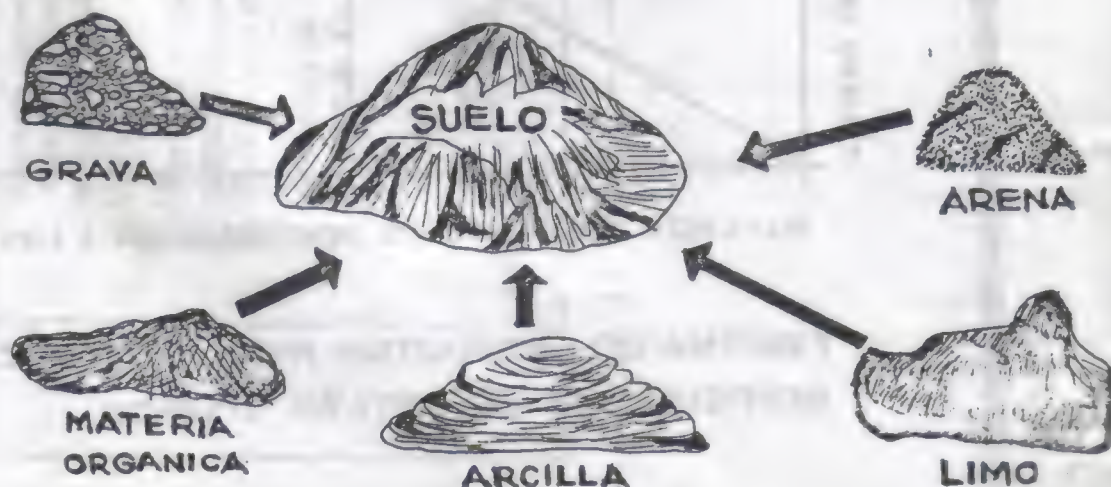
Finos : (Arcilla, Limos, Materia orgánica).

En la naturaleza los suelos se encuentran en forma heterogenea, por lo que para poderlos identificar es necesario separar, los suelos gruesos de los finos, empleando en forma empírica los siguientes ensayos con forme al S.U.C.S.

SUELOS GRUESOS

La muestra por analizar debe quedar totalmente disgregada, con el objeto de apreciar la distribución y uniformidad de los diversos tamaños de partículas.

Las gravas quedan comprendidas entre 3" y 1/4", por lo tanto si se cuenta con una criba de 1/4" debe depositarse el material aceptando todo aquel que quede retenido en esta malla como GRAVA. y el material que haya pasado podrá ser ARENA, ARCILLA o LIMO.



Las ARENAS son partículas minerales cuyos tamaños varían de $\frac{1}{4}$ " (6.35 mm) a 0.002" (0.05 mm). Cuando por alguna circunstancia no sea posible apartar las gravas de las ARENAS mediante la criba de $\frac{1}{4}$ " habrá que realizar la identificación visualmente.

El material se deposita en un recipiente transparente que contenga agua, agitando enseguida. Posteriormente se deja reposar, con el objeto de que las partículas se vayan sedimentando, estando en función para ello el peso de las mismas, así como sus características.

La granulometría se observa por separado en toda la altura del recipiente. Por ejemplo: El limo permanece en suspensión aproximadamente un minuto; la arcilla una hora o más y las arenas instantáneamente se sedimentan.

SUELOS FINOS

La identificación de suelos finos se lleva a cabo mediante varias pruebas manuales, las cuales dependiendo de las características observadas en cada una de ellas indican el suelo estudiado. Es necesario para ello, preparar el material haciéndolo pasar por la malla N° 40

a) ENSAYO DE SACUDIMIENTO

El ensayo consiste en depositar material preparado (suelo húmedo) en la palma de la mano y agitarse con movimientos horizontales, observando cuidadosamente el comportamiento que tiene el agua (reacción rápida, semi-rápida, lenta) al reflejarse superficialmente en la muestra con una apariencia brillante ó lustrosa. Enseguida se aprisiona la muestra con los dedos, con el objeto de que el agua

fluya, abriéndose instantáneamente, dándose cuenta que el lustre desaparece. La facilidad o dificultad que presente el agua al fluir servirá para identificar el suelo por ejemplo:

Las reacciones rápidas se presentan cuando el material se encuentra constituido con polvo de roca o arena muy fina una reacción en menor escala a la anterior correspondería a un limo o limo-arcilloso (reacción media). Cuando se tienen reacciones lentas, el material analizado resulta ser arcilloso. Encambio cuando por completo no hay reacción indica una arcilla de alta plasticidad o materia orgánica.



SACUDIMIENTO DE LA MUESTRA HUMEDA

b) ENSAYE DE PLASTICIDAD O TENACIDAD CERCA DEL LIMITE PLASTICO.

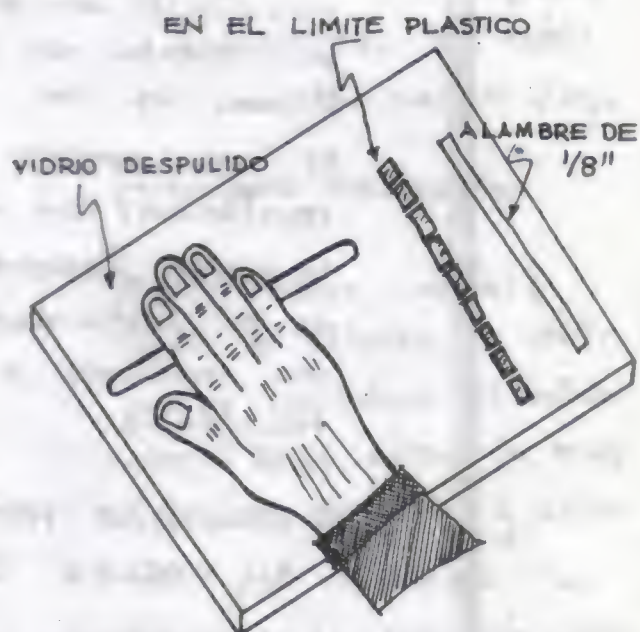
El material que fue utilizado en el ensaye anterior se amasa procurando dar una consistencia de masilla

aceitosa, formando inicialmente una esfera de aproximadamente 3 cm. de diámetro, la cual se va rodando con la mano, sobre una superficie despulida de cristal hasta que adopte la forma de un cilindro con diámetro de $\frac{1}{8}$ " (3.275 mm), estando en estas condiciones en el momento que la muestra presente agrietamientos transversales en toda su longitud, nos indicará que ha llegado a su límite plástico. Dependiendo de la facilidad o dificultad para lograr lo anteriormente expuesto, se podrá estar en libertad de identificar a los suelos por ejemplo:

En el caso de las arenas ni siquiera es posible dar la forma mencionada. (cilindro).

En los limos con uno o dos ensayos el cilindro presenta agrietamientos

sin embargo, las arcillas dependiendo de su plasticidad requieren de varios ensayos.



ENSAYO DE PLASTICIDAD DE LA MUESTRA

c) ADHERENCIA A LA PIEL

Al estar preparando el material, deje cierta cantidad, untado en la palma de la mano hasta que se seque completamente y con la otra mano trate de quitarlo, observando y sintiendo a la vez, la dificultad que presenta para desprenderlo, por ejemplo:

La arena caerá instantáneamente con el solo movimiento de la mano ó con un leve contacto. El limo opondrá cierta resistencia, Sin embargo la arcilla dependiendo de su plasticidad opondrá una mediana o alta resistencia.

d) ENSAYO DE RESISTENCIA EN ESTADO SECO

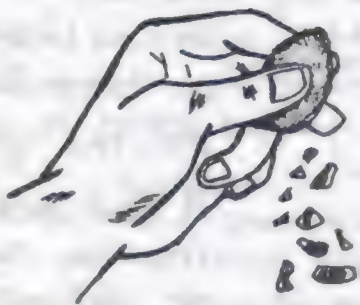
De la muestra en estudio



ENSAYO DE ADHERENCIA A LA PIEL

deje secar una porción de material a la temperatura ambiente ó si se desea acelerar el secado introduzcala en un horno a temperatura constante de 105°C durante un tiempo de 24 hr. Enseguida sujete la muestra con los dedos índice y pulgar aprisionandola hasta

provocar la ruptura. Teniendo presente que si no presenta dificultad el material puede ser arena, certificando de acuerdo al tacto que presenta el material. Una resistencia baja, indica la presencia de un material limoso y cuando la muestra opone mayor resistencia a la falla podrá ser una arcilla inorgánica de plasticidad media o alta, de acuerdo a la oposición que presente.



DESMENUZAMIENTO DE LA MUESTRA SECA ENTRE LOS DEDOS.

A. I. H. C.

e) ENSAYO DEL OLOR

El olor en los suelos es característico únicamente si se tiene la presencia de materia orgánica, la cual se manifiesta por el olor penetrante de putrefacción cuando el material se encuentra en estado húmedo, disminuyendo cuando se deposita a la intemperie y aumentando al estar en contacto con el fuego.

f) ENSAYO DEL ACIDO

Este ensaye consiste como es sabido, en verter cierta cantidad de ácido clorhídrico sobre la muestra en estudio y observar que realmente se provoque la reacción eferv

vescente en el suelo detectando así la presencia de carbonato de calcio.

9) ENSAYO DE PENETRACION

Realmente este ensaye justifica una idea somera sobre los suelos blandos midiendo directamente su resistencia al esfuerzo cortante, empleando un aparato denominado PENETROMETRO DE BOLSILLO al estar realizando las exploraciones preliminares, clasificándolo, de esta manera en función de su resistencia.

Su funcionamiento resulta sumamente sencillo ya que consiste en

introducir un pistón o émbolo de $\frac{1}{4}$ " de pulgada (La cual se encuentra marcada sobre el mismo) en el suelo, simultaneamente se procede a leer en la escala que trae el aparato en el mango con indicador que permanece estático al dejar de aplicar la presión.

La escala del penetrometro da la lectura directa en kg/cm^2 de compresión no confinada. Teniendo en conocimiento que lecturas registradas hasta 1.5 kg/cm^2 corresponden a limos o arcillas de cohesión media y lecturas que llegan a 4 kg/cm^2 pertenecen a arcillas con alto grado de cohesión.



PENETROMETRO DE BOLSILLO

Los suelos que presentan características anormales son:

1. TURBA.
2. ARCILLAS EXPANSIVAS
3. ARCILLAS DISPERSIVAS

Estos suelos resultan indeseables, debido a que causan serios problemas al emplearse como materiales de sustentación o construcción.

TURBA

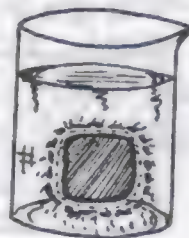
La turba se puede identificar fácilmente conforme a las siguientes características.

1. DILATANCIA.- Puede observarse que en este tipo de prueba el agua fluye aun cuando el material va perdiendo humedad.
2. TENACIDAD.- Se comprueba prácticamente que su tenacidad es nula, debido a que ni siquiera se puede formar el rolito especificado.
3. COLOR.- En presencia de agua es de color negro brillante y en estado seco da una apariencia de ceniza.
4. OLOR.- Presenta un olor desagradable.
5. RESISTENCIA.- La resistencia que tiene el material es

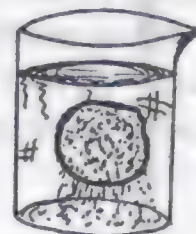
baja, en condiciones naturales puede ser de 0.1 kg/cm^2 , con un ángulo de fricción interna de 10° .

SUELOS EXPANSIVOS

Las arcillas expansivas se pueden identificar fácilmente en el campo, mediante un procedimiento muy simple, el cual consiste en depositar cierta cantidad de material en un recipiente transparente con agua. Se puede observar que el suelo expansivo conforme su constitución físico-química incrementa su volumen instantáneamente en cambio las arcillas comunes presentan únicamente disgregación de partículas.



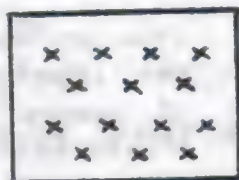
ARCILLA
EXPANSIVA



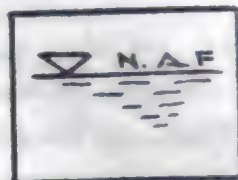
ARCILLA
COMUN

Las arcillas expansivas son materiales indeseables, debido a que en algunas estructuras causan problemas sobre todo, en las que transmiten cargas relativamente bajas por ejemplo: Casas habitación, canales etc.

SIGNOS CONVENCIONALES



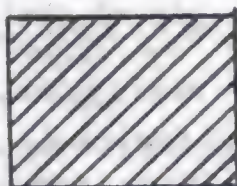
RELLENO



NIVEL FREATICO



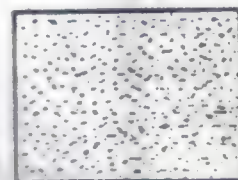
MATERIA ORGANICA



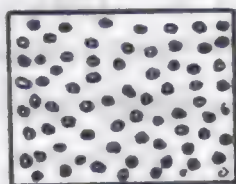
ARCILLA



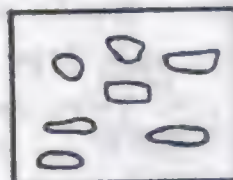
LIMO



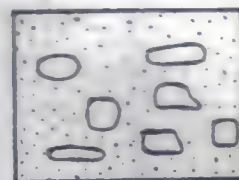
ARENA



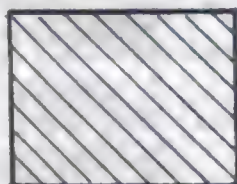
GRAVA



BOLEO



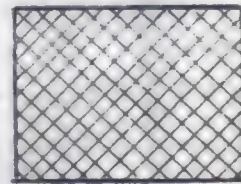
BOLEO CON ARENA



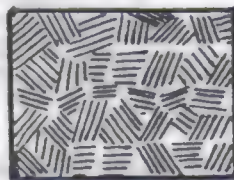
TOBA RIOLITICA



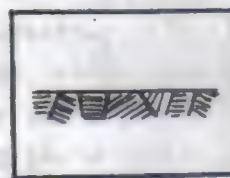
CALIZA



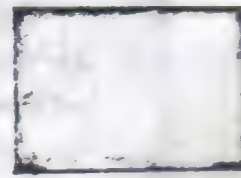
LODOS



ROCA NO CLASIFICADA



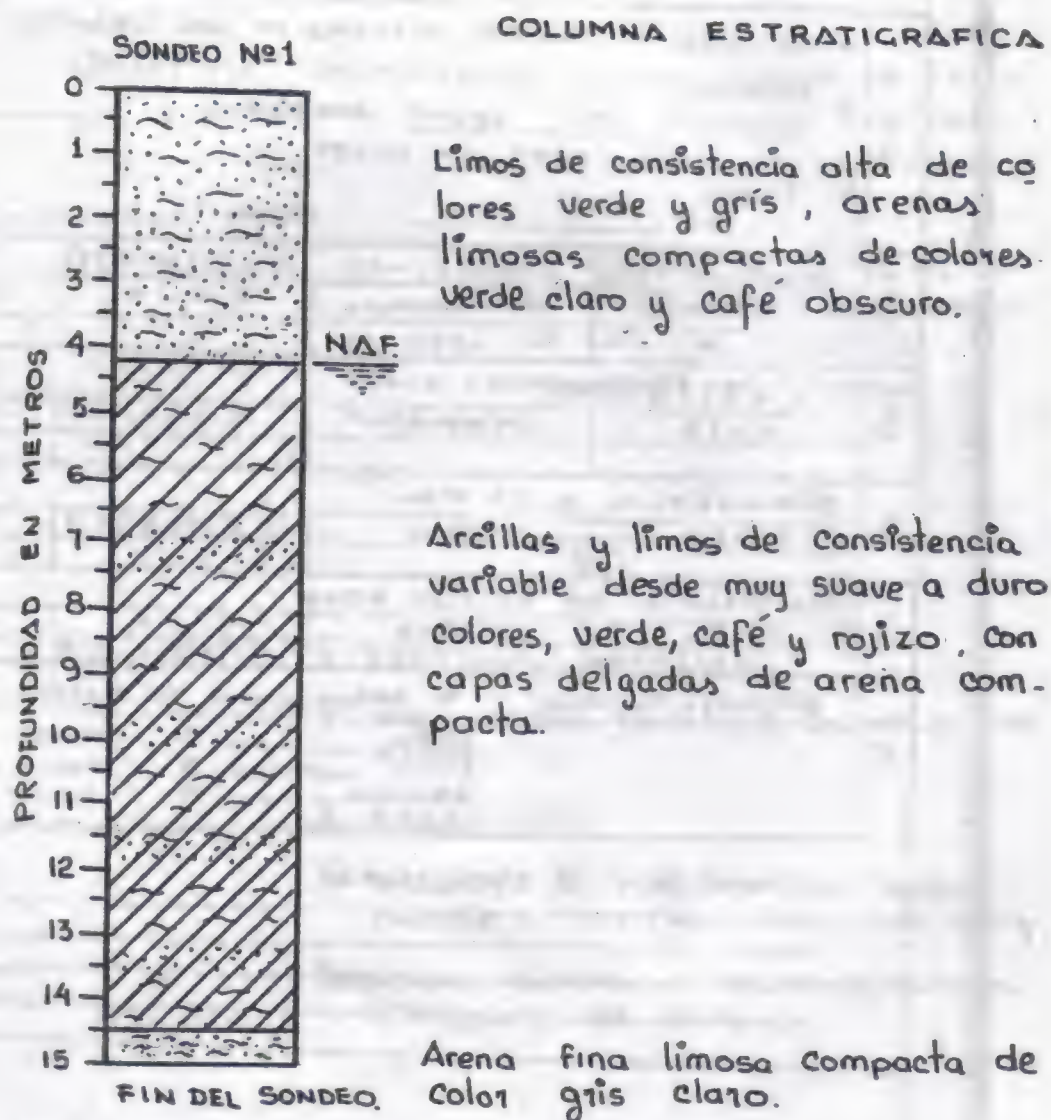
SUPERFICIE DE ROCA



CAVIDAD

RESULTADOS Y PRESENTACION

Los datos obtenidos al identificar los suelos deben representarse en forma simbólica cada uno de ellos formando así el perfil estratigráfico



IPN
ESIA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
INGENIERIA EXPERIMENTAL

NUM
1

Obra _____

Localización _____

Sondeo No _____

Muestra _____

Profundidad _____

IDENTIFICACION DE SUELOS EN EL CAMPO

APRECIACION DEL TAMAÑO Y FORMA DE LOS GRANOS

1 a. GRUESOS
TAMAÑO _____ FORMA _____
b. FINOS
COLOR _____ OLOR _____

MOVILIDAD DEL AGUA

2 ALTA MEDIA BAJA NULA

PLASTICIDAD

3 ALTA MEDIA BAJA NULA

ADHERENCIA A LA PIEL

4 ALTA MEDIA BAJA NULA

RESISTENCIA EN ESTADO SECO

5 ALTA MEDIA BAJA NULA

SEDIMENTACION

% APROXIMADOS DEL MATERIAL OBSERVADO

6 ARENA _____ % TIEMPO _____
LIMO _____ % TIEMPO _____
ARCILLA _____ % TIEMPO _____

CLASIFICACION Y OBSERVACIONES.

Alumno _____

Bol _____

Fecha _____

ENSAYE

2

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD

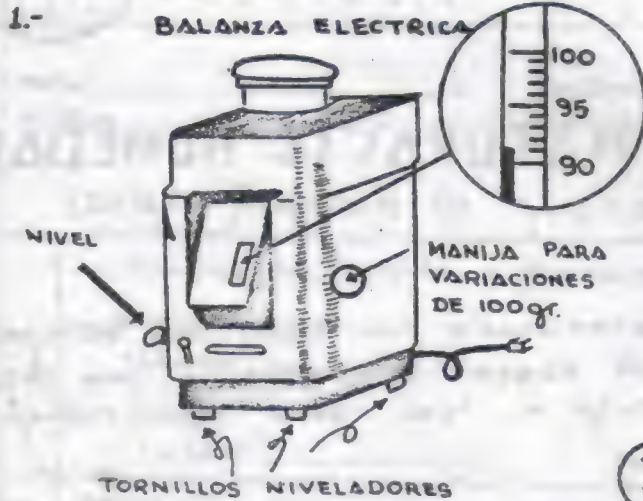
OBJETIVO : DETERMINAR LA CANTIDAD DE AGUA QUE POSEE UNA MUESTRA CON RESPECTO AL PESO SECO DE LA MISMA.

DEFINICION : CONTENIDO DE HUMEDAD ES LA RELACION DEL PESO DEL AGUA ENTRE EL PESO DE LOS SOLIDOS DE UN SUELO (COMUNMENTE SE EXPRESA EN PORCIENTO).

FORMULA:
$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

- EQUIPO :**
- 1.- ESPATULA METALICA
 - 2.- VIDRIOS DE RELOJ O CAPSULAS DE PORCELANA.
 - 3.- DESECADOR.
 - 4.- BALANZA DE TORSION CON APROXIMACION AL 0.01 gr. CAPACIDAD 400gr.
 - 5.- HORNO ELECTRICO DE TEMPERATURA CONSTANTE DE 105°C

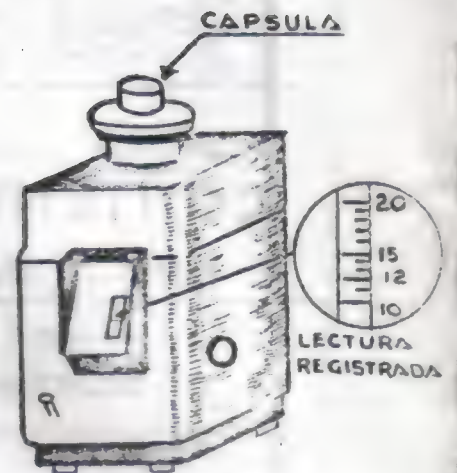
PROCEDIMIENTO



- ① NIVELACION DE LA BALANZA DE TORSION.



- ② NUMERENSE TODAS LAS TARAS O CAPSULAS QUE SE VAYAN A EMPLEAR.



- ③ TARENSE O PESENSE LAS CAPSULAS Y VIDRIOS DE RELOJ

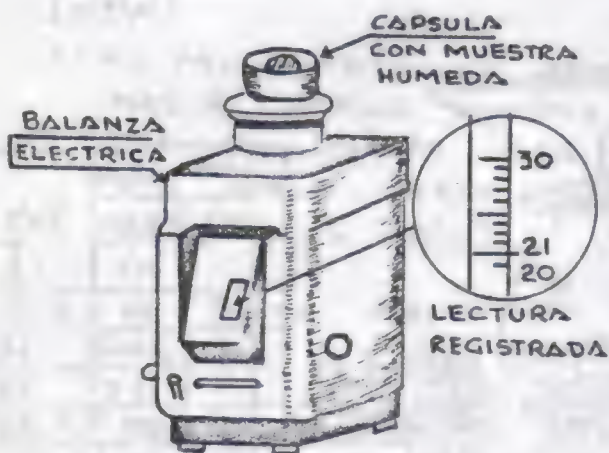
1

POZO Nº	CAPSULA	
	Nº	PESO
		Wt(gr)
	2	12
	3	10.4
	4	13.2
	5	20
	3X	18
	5X	
	3P	

- ④ ANOTESE LOS DATOS EN LA COLUMNA 1 DEL REGISTRO INDICADO.



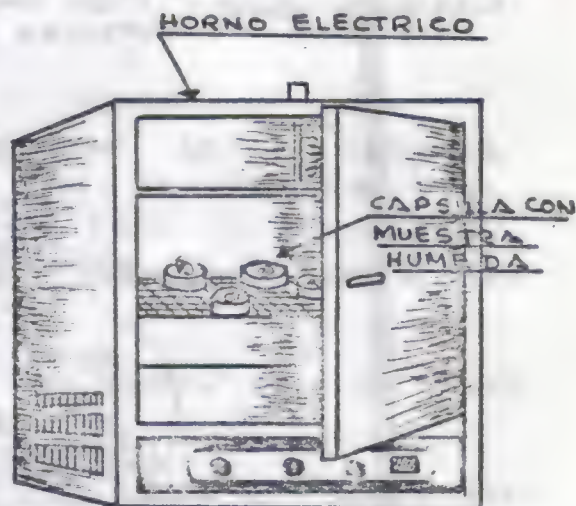
- 5 CON UNA ESPATULA SE EXTRAEE UNA PORCION DE UNA MUESTRA REPRESENTATIVA (INALTERADA). LA CUAL SE DEPOSITA EN CADA CAPSULA.



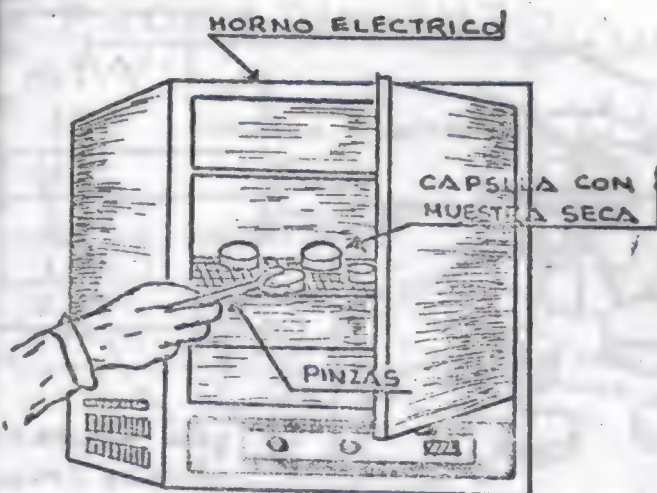
- 6 SE PESA NUEVAMENTE LA CAPSULA CONTENIENDO AL SUELO HUMEDO.

PESO	Wtm (2)	Wt
	21 gr.	
	16.2	
	23.1	
	32.0	

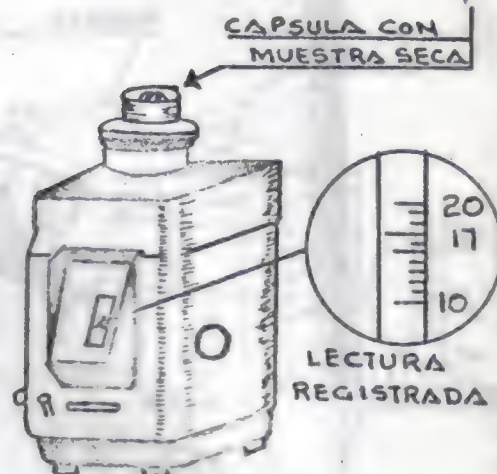
- 7 LOS VALORES REGISTRADOS (PEO DE LA CAPSULA, CON EL SUELO) SE ANOTAN EN LA COLUMNA Nº 2 (Wtm) EN EL REGISTRO INDICADO.



- 8 LA CAPSULA CON LA MUESTRA, SE INTRODUCE EN EL HORNO DURANTE UN TIEMPO DE 18 A 24h. CON UNA TEMPERATURA CONSTANTE DE 105°-110°C.



- ⑨ DESPUES DEL TIEMPO INDICADO, CON UNAS PINZAS SE EXTRAEN LAS CAPSULAS DEL HORNO.



- ⑪ CUANDO HA TRANSCURRIDO UN TIEMPO APROXIMADO DE 0.5 hr, SE PESA LA CAPSULA MAS EL SUELO SECO (Wts).



- ⑩ SE INTRODUCEN LAS CAPSULAS CON LA MUESTRA EN EL DESECCADOR, PARA PERMITIR QUE SE ENFRIEN LAS MUESTRAS.

CAPSULA		Wtm gr. (2)	Wts gr. (3)
Nº	PESO Wt		
2	12	21.0	17
3	10.4	16.2	15
4	13.2	23.1	18.1
5	20	32.0	25.0
3X	18		
5X			

- ⑫ SE ANOTA EL VALOR OBTENIDO EN LA COLUMNA 3 DEL REGISTRO INDICADO.

CALCULOS

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD

POZO Nº PROF. (m)	CAPSULA		W _{tm} gr (2)	W _{ts} (gr) (3)	(2)-(3) W _w (4)	(3)-(1) W _s (5)	CONTENIDO DE HUMEDAD $\omega = \frac{(4)}{(5)} \%$
	Nº	PESO					
		W _t					
0.60	2	12 gr.	21.0	17.0	4.0	5.0	80 %
1.20	3	10.4	16.2	15.0	1.2	4.6	26 %
2.40	4	13.2	23.1	18.1	5.0	4.9	102 %
	5	20.0	32.0	25.0	7.0	5.0	140 %
	3X	18.0					
	5X						

W_t = Peso de la tara o capsula

W_{tm} = Peso de la tara con muestra
en su estado natural

W_{ts} = Peso de la tara con muestra
en su estado seco.

W_w = Peso del agua

W_s = Peso de la muestra
en su estado seco

ω = Contenido de humedad.

- 1.- AL VALOR OBTENIDO DEL PESO DE LA CAPSULA MAS EL SUELO HUMEDO (2) SE RESTARA DEL QUE SE OBTUVO PARA EL PESO DE LA CAPSULA MAS SUELO SECO (3) . OBTENIENDO ASI EL PESO DEL AGUA (W_w)
- 2.- EL VALOR OBTENIDO SE ANOTA EN LA COLUMNA (4)
- 3.- DEL VALOR DE LA CAPSULA MAS EL SUELO SECO, SE RESTA EL PESO DE LA CAPSULA , OBTENIENDO EL PESO DE LOS SOLIDOS (W_s)
- 4.- EL VALOR OBTENIDO SE ANOTA EN LA COLUMNA (5).

5.- POR DEFINICION EL CONTENIDO DE HUMEDAD ES LA RELACION QUE EXISTE ENTRE EL PESO DEL AGUA AL DE LOS SOLIDOS, EXPRESADO EN PORCIENTO.

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

DISCUSION DEL PROCEDIMIENTO

DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO, EL CONTENIDO DE HUMEDAD ES DE LAS MAS SIMPLES EN OBTENER, LA QUE SE EMPLEA MAS. PERO EN SU DETERMINACION SE TIENEN ALGUNAS DUDAS ENTRE LAS QUE SE HAN DE APUNTAR.

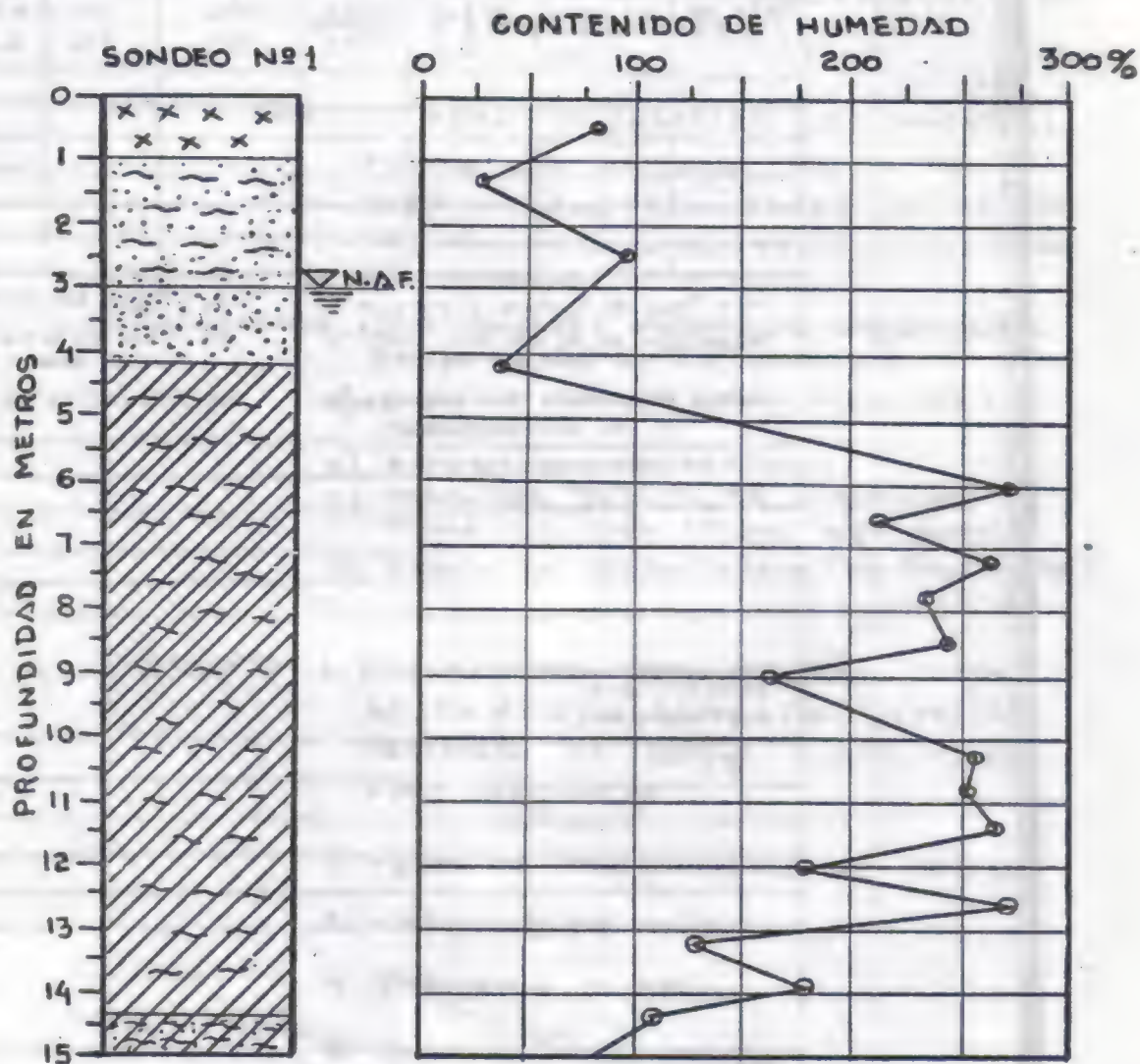
a). LA VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL TOTAL DE LA MUESTRA.

b) EL TIEMPO DE SECADO. MIENTRAS PARA UNA ARENA ES POSIBLE OBTENER UN SECADO COMPLETO EN UNA HORA O MENOS, EN ARCILLAS ES DIFICIL DECIR CUANDO SE HA LLEGADO EN VERDAD A UN SECADO TOTAL.

c).- EN LOS HORNOS SE HA NOTADO, QUE LA TEMPERATURA EN VARIOS PUNTOS DENTRO DE EL ES VARIABLE, LLEGANDOSE A TENER VARIACIONES DE DECENAS DE GRADOS DE UN PUNTO A OTRO.

RESULTADOS Y PRESENTACION

LOS VALORES OBTENIDOS SE REPRESENTAN EN FORMA GRAFICA COMO SE INDICA.



CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD

POZO Nº	CAPSULA		W _{tm} (2)	W _{ts} (3)	(2)-(3) W _w (4)	(3)-(1) W _s (5)	CONTENIDO DE HUMEDAD ω = $\frac{(4)}{(5)}$ %
	Nº	PESO					
		W _t					

W_t = Peso de la tara ó cápsula

W_{tm} = Peso de la tara con muestra
en su estado natural.

W_{ts} = Peso de la tara con muestra
en su estado seco.

W_w = Peso del agua.

W_s = Peso de la muestra
en su estado seco.

ω = Contenido de humedad.

OBSERVACIONES
DEL ALUMNO

OBSERVACIONES
DEL PROFESOR

FECHA _____
PROFESOR _____

ALUMNO _____
BOLETA _____ GRUPO _____

ENSAYE



PESO VOLUMETRICO NATURAL

OBJETIVO: OBTENER EL PESO VOLUMETRICO DEL MATERIAL EN ESTADO NATURAL (SUELOS COHESIVOS Y FRICCIONANTES)

DEFINICION: EL PESO VOLUMETRICO DEL MATERIAL EN ESTADO NATURAL, ES LA RELACION DE SU PESO ENTRE LA UNIDAD DE VOLUMEN, A CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD.

APLICACIONES: LOS VALORES OBTENIDOS INTERVIENEN EN LOS SIGUIENTES ANALISIS:

- a). EMPUJES SOBRE ESTRUCTURAS DE RETENCION.
- b). ESTABILIDAD DE TALUDES
- c). PRESIONES VERTICALES EFECTIVAS DEBIDAS AL PESO PROPIO DEL SUELO
- d) GRADO DE COMPACTACION (EN PAVIMENTOS).

EQUIPO: 1. BALANZA DE TRES BRAZOS CON ADITAMENTO ESPECIAL, CON CAPACIDAD DE 200gr. Y APROXIMACION AL 0.01 gr.

2. VASO DE PRECIPITADO DE 300 CC.

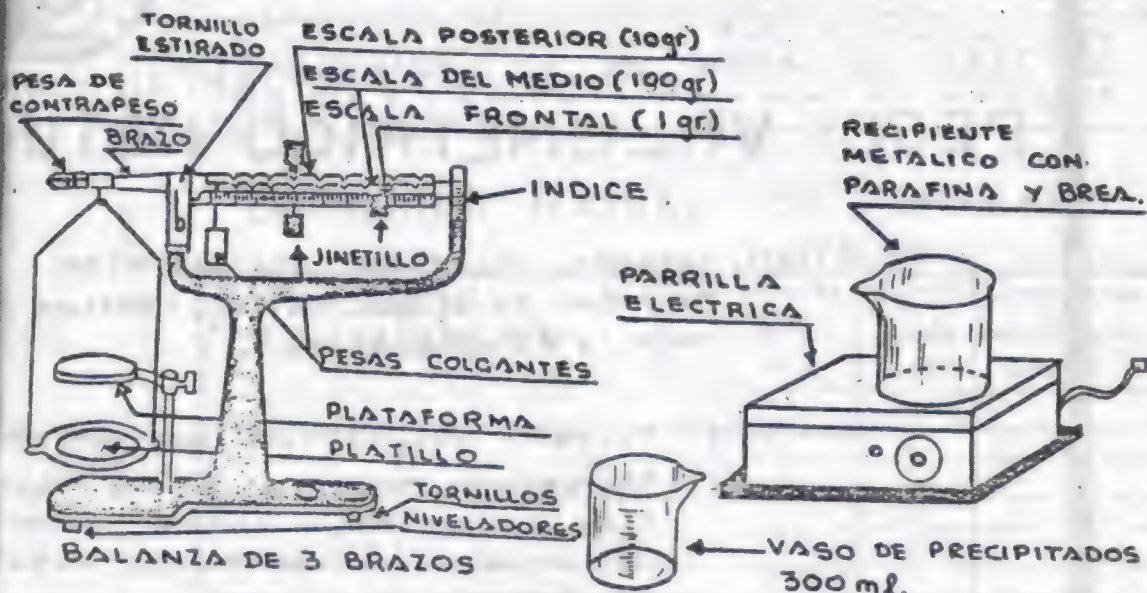
3. ESPATULA DE CUCHILLO.

4. PARAFINA. Y BREA.

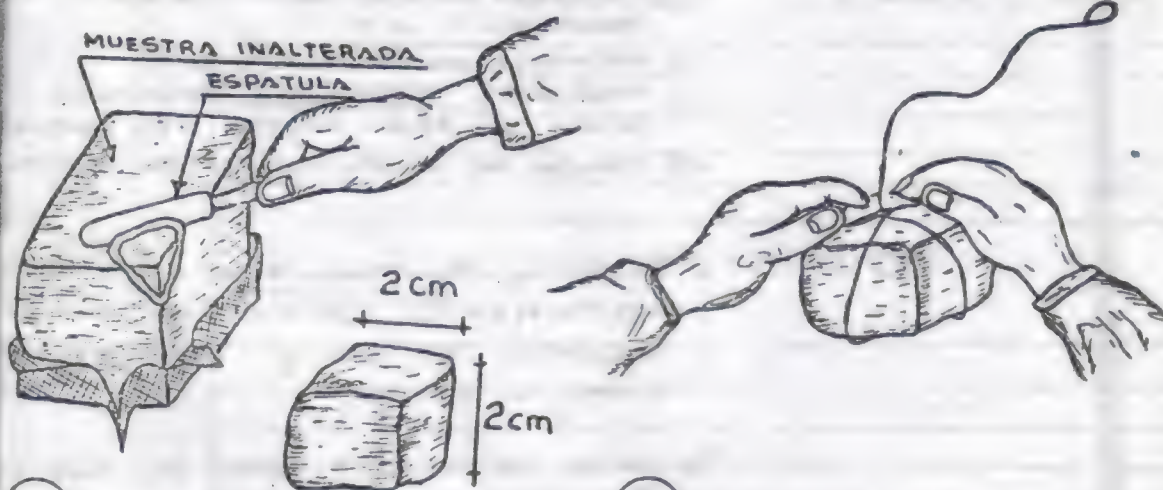
5. PARRILLA ELECTRICA.

6. HILO

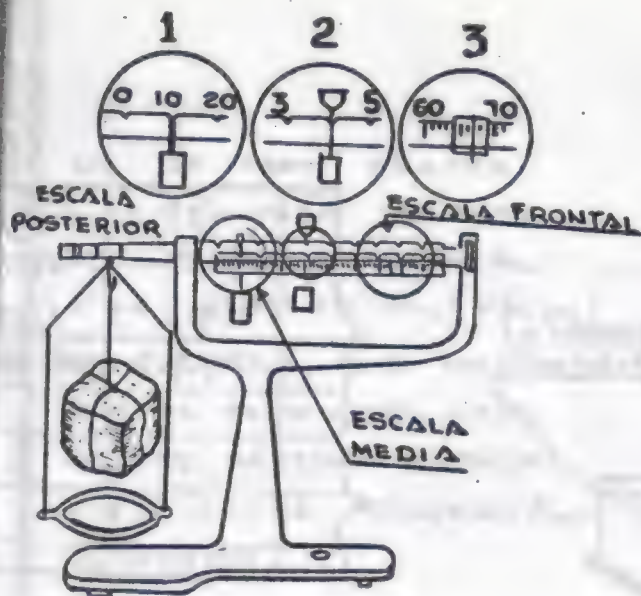
PROCEDIMIENTO



- 1 NIVELACION DE LA BALANZA DE TRES BRAZOS Y REVISION DE LA PARRILLA ELECTRICA



- 2 CON UNA ESPATULA, SE EXTRAER UNA PORCION DE UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE SUELO POR ANALIZAR, LA BRANDO UN CUBO O FIGURA IRREGULAR, DE 2cm. DE LADO APROXIMADAMENTE.
- 3 LA MUESTRA SE AMA- RRA CON UN HILO.



- 4 SE PESA EN LA BALANZA DE 3 BRAZOS LA MUESTRA, MOVIENDO INICIALMENTE LA PESA COLGANTE HACIA LA DERECHA EN LA ESCALA MEDIA, HASTA COLOCARLA EN LA MARCA QUE CORRESPONDA AL PESO DEPOSITADO Y EL FIEL OSCILE LIBREMENTE. LAS DIVISIONES EN ESTA ESCALA VARIAN EN 10 gr. SI EL FIEL QUE DA SUSPENDIDO EN LA PARTE SUPERIOR HABRA QUE MOVER LA ESCALA POSTERIOR CUYAS VARIACIONES, ESTAN REPRESENTADAS EN 1 gr,

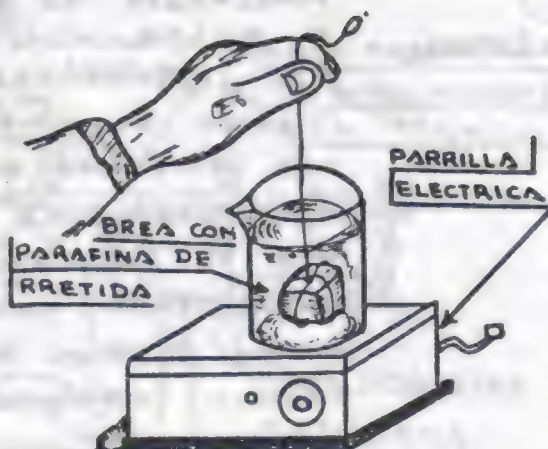
FINALMENTE SE AFINA EL VALOR CON LA ESCALA FRONTAL MOVIENDO EL JINETILLO LAS DIVISIONES QUE SEAN NECESARIAS HASTA QUE EL FIEL OSCILE LIBREMENTE. CADA PEQUENA DIVISION DE LA ESCALA FRONTAL EQUIVALE A 0.01 gr.

EL PESO TOTAL DE LA MUESTRA EN ESTUDIO EQUIVALDRA A LA SUMATORIA DE LAS LECTURAS PARCIALES EFECTUADAS EN CADA ESCALA

$$\text{PESO} = 10 + 4 + 0.67 = 14.67 \text{ gr}$$

POZO	PROFUNDIDAD (m)	① Wm (gr)
	1	14.67
	3	
	5	
	8	
	10	

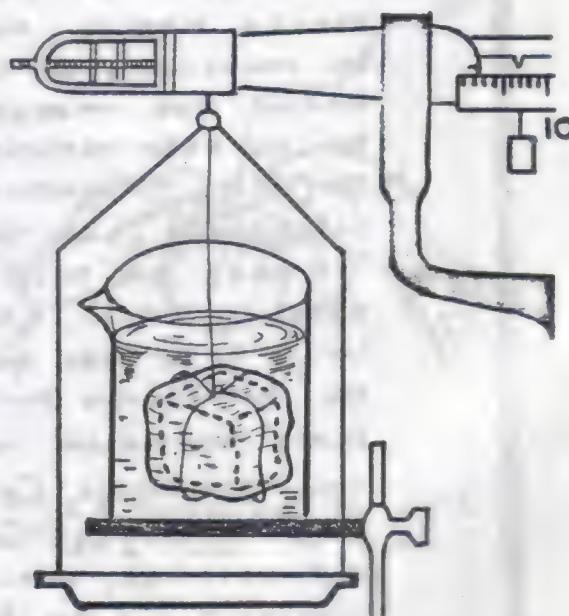
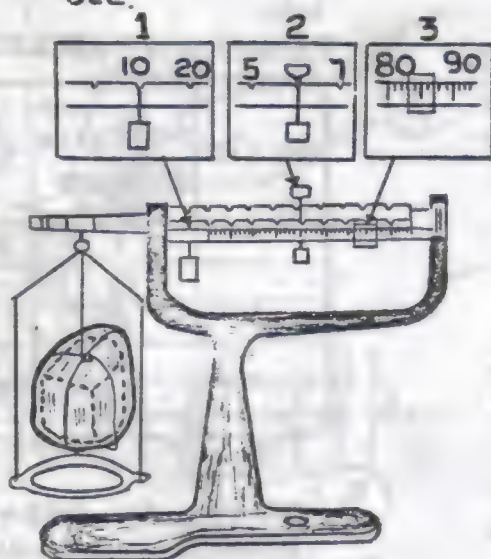
- 5 ANOTE EL PESO OBTENIDO EN LA COLUMNA ① DEL REGISTRO INDICADO.



①	②
Wm (gr)	Wmp (gr)
14.67	16.85

- ⑥ INTRODUZCA LA MUESTRA EN UNA MEZCLA DE BREA Y PARAFINA DERRETIDA HASTA QUEDAR TOTALMENTE IMPERMEABILIZADA CON UN BAÑO LO MAS DELGADO POSIBLE.

- ⑧ ANOTE EL PESO DE LA MUESTRA MAS PARAFINA EN LA COLUMNA ② DEL REGISTRO INDICADO.



- ⑦ DETERMINE EL PESO DE LA MUESTRA CON LA PARAFINA. (Wmp).
 $Wmp = 10 + 6 + 0.85 = 16.85 \text{ gr.}$

- ⑨ INTRODUZCA LA MUESTRA EN UN VASO DE PRECIPITADOS QUE CONTENGA AGUA, PREVIAMENTE COLOCADO EN LA BALAN-

IA DE TRES BRAZOS,
DETERMINANDO EL PESO
DE LA MUESTRA CON PARA-
FINA SUMERGIDA, (W_{mps})
PROCURANDO QUE NO TO-
QUE EL FONDO DEL VASO,
NI LAS PAREDES DEL MISMO;
Y QUE QUEDE TOTALMENTE
SUMERGIDO.

①	②	③
W_m (gr)	W_{mp} (gr)	W_{ms} (gr)
14.67	16.85	7.59

⑩ EL PESO DE LA MUES-
TRA SUMERGIDA SE
ANOTA EN LA COLUM.
NA TRES DEL RE-
GISTRO INDICADO.

CALCULOS

PESO VOLUMETRICO NATURAL

POZO Nº	PROFUN- DIDAD (m)	① W_m (gr)	② W_{mp} (gr)	③ W_{mps} (gr)	④ V_{mp} (2)-(3)	⑤ W_p (2)-(1)	⑥ $V_p = \frac{W_p}{0.91}$ (cm ³)	⑦ V_m (4)-(6)	⑧ $\gamma_m = \frac{W_m}{V_m}$
	1	14.67	16.85	7.59	9.26	2.18	2.24	7.02	2.08 g/cm ³
	3								
	5								
	8								

1. W_m = PESO DE LA MUESTRA

2. W_{mp} = PESO DE LA MUESTRA
CON PARAFINA

3. W_{mps} = PESO DE LA MUESTRA
CON PARAFINA SUMER-
GIDA EN AGUA

4. V_{mp} = VOLUMEN DE LA MUESTRA CON
PARAFINA.

5. W_p = PESO DE LA PARAFINA.

6. V_p = VOLUMEN DE LA PARAFINA.

7. V_m = VOLUMEN DE LA MUESTRA.

- 1.- SE OBTIENE EL VOLUMEN DE LA MUESTRA CON LA PARAFINA (V_{mp}) RESTANDO, EL PESO DEL SUELO MAS PARAFINA (2) DEL PESO SUMERGIDO DEL MISMO (3). EL RESULTADO SE ANOTA EN LA COLUMNA 4

$$V_{mp} = W_{mp} - W_{mps}$$

- 2.- CALCULESE POR DIFERENCIA DE PESO, DE LA MUESTRA EMPARAFINADA (2) MENOS EL PESO DE LA MUESTRA (1), OBTENIENDO EL PESO DE LA PARAFINA (W_p). ASIENDE SU VALOR EN LA COLUMNA (5)

$$W_p = W_{mp} - W_m$$

- 3.- EL VOLUMEN DE PARAFINA ES IGUAL A LA RELACION ENTRE EL PESO DE LA PARAFINA, QUE SE NECESITO EN EL ENSAYE Y SU CORRESPONDIENTE PESO ESPECIFICO (0.97). EL VALOR OBTENIDO ANOTELO EN LA COLUMNA (6)

$$V_p = \frac{W_p}{0.97}$$

- 4.- DE LA RESTA, DEL VOLUMEN DE LA MUESTRA MAS PARAFINA (4) MENOS EL VOLUMEN DE

LA PARAFINA ⑥ SE OBTIENE EL VOLUMEN DE LA MUESTRA, EL VALOR OBTENIDO SE ANOTA EN LA COLUMNA ⑦

$$V_m = V_{mp} - V_p$$

5.- POR DEFINICION EL PESO VOLUMETRICO O ESPECIFICO, ES LA RELACION EXISTENTE DEL PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN.

$$\gamma_m = \frac{W_T}{V_T} = \frac{\textcircled{1}}{\textcircled{7}}$$

NOTA:

EL VOLUMEN DE LA MUESTRA SE OBTIENE TAMBIEN, POR INMERSION DE MERCURIO. EL PESO DEL VOLUMEN DE MERCURIO DESALOJADO, ENTRE SU CORRESPONDIENTE PESO ESPECIFICO DA EL VOLUMEN DE LA MUESTRA.

EL METODO DEL PICONOMETRO, TAMBIEN ES USADO PARA DETERMINAR EL PESO VOLUMETRICO.

IPN
ESIADEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
INGENIERIA EXPERIMENTAL

NUM

PESO VOLUMETRICO NATURAL

Obra _____ Localizacion _____ Sondeo N° _____
Muestra _____ Profundidad _____

POZO N°	PROFUN- DIDAD	(1) W_m	(2) W_{mp}	(3) W_{mps}	(4) V_{mp} (2)-(3)	(5) W_p (2)-(1)	(6) $V_p = \frac{W_p}{0.97}$	(7) V_m (4)-(6)	(8) $V_{om} = \frac{W_m}{V_m}$

 W_m = PESO DE LA MUESTRA. W_{mp} = PESO DE LA MUESTRA CON PARAFINA W_{mps} = PESO DE LA MUESTRA CON PARAFINA SUMERGIDA EN AGUA.

OBSERVACIONES

DEL ALUMNO

 V_{mp} = VOLUMEN DE LA MUESTRA CON PARAFINA. W_p = PESO DE LA PARAFINA. V_p = VOLUMEN DE LA PARAFINA ; V_m = VOLUMEN DE LA MUESTRA.

OBSERVACIONES

DEL PROFESOR

FIRMA DEL PROFESOR

CALIFICACION

Alumno _____

Boi _____

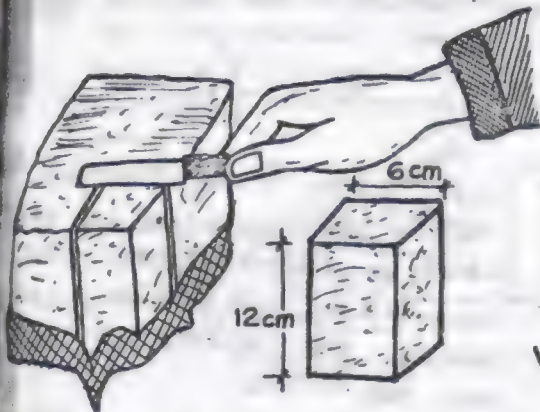
Fecha _____

PROCEDIMIENTO Nº2

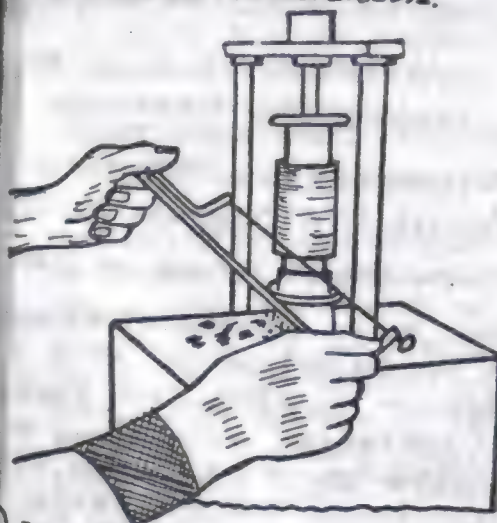
(PARA SUELOS COHESIVOS O CON CIERTO GRADO DE COHESION)

EL PROCEDIMIENTO CONSISTE INICIALMENTE EN LABRAR MANUALMENTE UNA MUESTRA DE FORMA CILINDRICA.

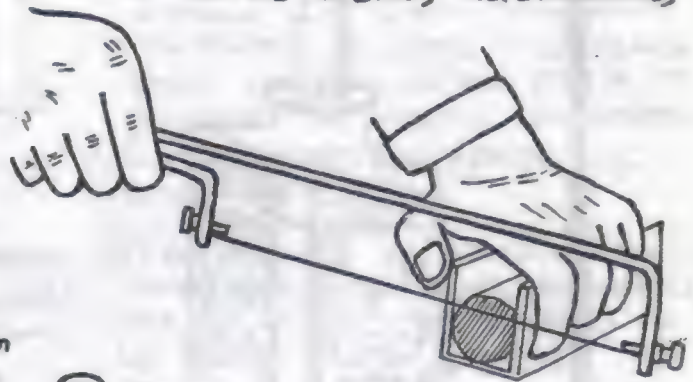
NOTA: SI NO SE CUENTA CON ESTE DISPOSITIVO, SE COLOCAN 2 PLACAS METALICAS DE FORMA CILINDRICA (3cm ϕ) UNA EN LA PARTE INFERIOR Y LA OTRA EN LA PARTE SUPERIOR, LAS CUALES SERVIRAN DE BASE PARA DAR LA FORMA CILINDRICA AL IRSE CORTANDO. ESTE PROCEDIMIENTO RESULTA MEJOR QUE EL ANTERIOR, DEBIDO A QUE LA MUESTRA SUFRE MENOS ALTERACIONES



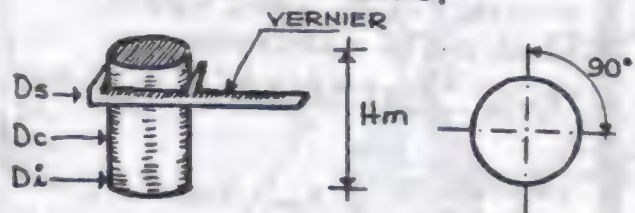
① CON UNA CEGUETA SE EXTRAHE UNA PORCION RECTANGULAR DE SUELO DE APROXIMADAMENTE 12cm DE ALTURA X 6cm DE BASE DE UNA MUESTRA INALTERADA.



② INCRUSTE LA MUESTRA EN UN MOLDEADOR MANUAL Y CON UNA CEGUETA SE LE VA DANDO LA FORMA CILINDRICA.

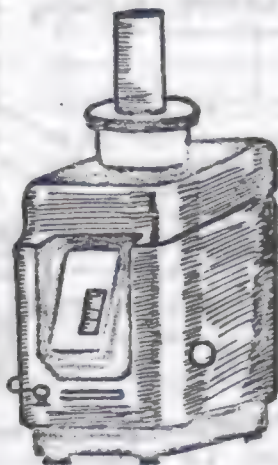


③ DESPUES DE QUE HA QUEDADO DEFINIDA LA FORMA CILINDRICA, SE PROCEDE A COLOCAR LA MUESTRA EN UN RIEL DE DIMENSIONES ESTABLECIDAS, CORTANDO ENSEGUIDA SUS EXTREMOS CON UNA CEGUETA DE ALAMBRE. LA ALTURA DE LA MUESTRA DEBE SER DE 2 A 3 VECES SU DIAMETRO.



Ds = DIAMETRO SUPERIOR
Dc = DIAMETRO CENTRAL
Di = DIAMETRO INFERIOR
Hm = ALTURA

- 4) DUEBIO A LA IRREGULARIDAD QUE PRESENTA LA MUESTRA, MEDIANTE UN VERNIER SE OBTIENEN LECTURAS DE LOS DIAMETROS SUPERIOR, CENTRAL E INFERIOR Y LA ALTURA EN 2 SENTIDOS (GIRANDO 90°). ESTO SE HACE CON LA FINALIDAD DE OBTENER UN VALOR LO MAS REPRESENTATIVO POSIBLE.



- 5) A CONTINUACION SE DETERMINA EL PESO DE LA MUESTRA EN ESTADO NATURAL.

CON LOS VALORES OBTENIDOS SE CALCULAN LAS AREAS SUPERIOR (A_s), CENTRAL (A_c), INFERIOR (A_i) Y EL AREA MEDIA (A_m) CON LA EXPRESION:

$$A_m = \frac{A_s + 4A_c + A_i}{6}$$

VOLUMEN DE LA MUESTRA = $A_m \cdot H_m$

$\gamma_h = \gamma_m$ = PESO VOLUMETRICO NATURAL

$\gamma_m = \frac{\text{PESO DE LA MUESTRA (EDO. NAT.)}}{\text{VOLUMEN DE LA MUESTRA}}$

ES CONVENIENTE DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD. DUEBIO A QUE SE CORRELACIONA CON LA RESISTENCIA DEL SUELO ESTUDIADO Y EN FORMA DIRECTA, PUEDE CALCULARSE EL PESO VOLUMETRICO SECO (γ_d) MEDIANTE LA EXPRESION:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + w}$$

NOTA: LA SECUENCIA ANTERIOR HENTE EXPUESTA, ES LA QUE SE LLEVA A CABO PARA OBTENER CILINDROS DE SUELO, LOS CUALES SE EMPLEAN EN ENSAYES DE:

1. COMPRESION SIMPLE.
2. COMPRESION TRIAXIAL RAPIDO
3. COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA CONSOLIDADA NO DRENADA
4. COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA CONSOLIDADA DRENADA.

DETERMINACION DE PESOS VOLUMETRICOS EN EL CAMPO

(PARA SUELOS FINOS O GRUESOS)

COMO SE HA PODIDO OBSERVAR EN LA DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO, EL PROBLEMA ESTIBA EN OBTENER EL VOLUMEN DE LA MUESTRA, YA QUE EL PESO PUEDE REGISTRARSE DIRECTAMENTE.

EN EL CAMPO EL VOLUMEN DE LA MUESTRA SE OBTIENE EMPLEANDO ACEITE, ARENA O AGUA.

EN CADA CASO SE REQUIERE HACER UNA CALA (APROXIMADAMENTE DE 15x15 cm)

PROCEDIMIENTO EMPLEANDO ACEITE

- ① CON LA AYUDA DE UNA ESPATULA Y/O CUCHILLO SE HACE UNA CALA.
- ② EN UNA O EN VARIAS PROBE-TAS GRADUADAS SE DEPOSITA ACEITE, REGISTRANDOSE SUS LECTURAS CORRESPONDIENTES.



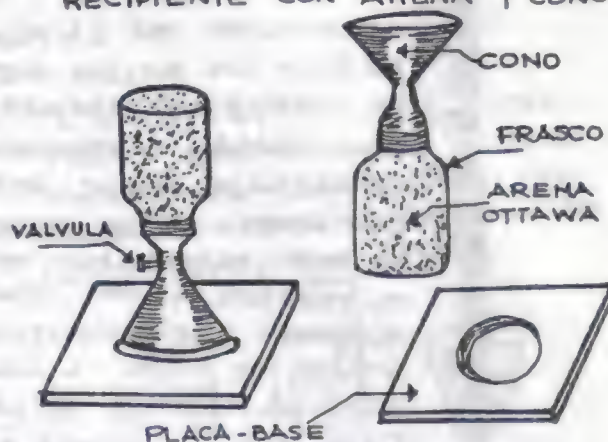
- ③ A CONTINUACION SE DEPO-SITA ACEITE EN LA CALA HAS TA QUEDAR AL NIVEL DE LA SUPERFICIE.
- ④ SE CALCULA EL VOLUMEN DE ACEITE QUE SE REQUIRIO PA RA LLENAR LA CALA.

PROCEDIMIENTO EMPLEANDO ARENA.

EN ESTE PROCEDIMIENTO SE EMPLEA UN RECIPIENTE DE YI-DRIO CON CAPACIDAD DE 4 LTS. EL CUAL SE LE ADAPTA UN CONO METALICO, LA ARENA UTILIZA-DA EN EL ENSAYE ES DE OTTA-WA CON TAMAÑOS COMPRENDI-DOS ENTRE 0.84mm (MALLA N°20) Y MAYORES A 0.59mm(MALLA N°30) (PUEDE EMPLEARSE OTRO TIPO DE ARENA CON CARACTERISTIKAS SIMI-LARES A LA DE OTTAWA)

A.I.M.C

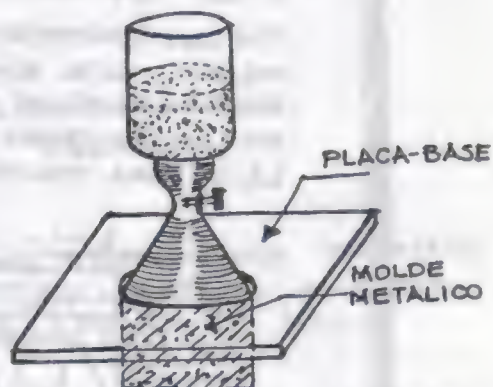
- ① SE DETERMINA EL PESO DEL RECIPIENTE CON ARENA Y CONO.



- ② SE CALIBRA LA CANTIDAD DE ARENA QUE QUEDA COMPRENDI-DA ENTRE EL CONO Y LA PLACA BASE. DESPUES DE QUE SE HA DE-POSITADO LA ARENA, SE CIERRA LA VALVULA PESANDOSE EL DISPOSITIVO.

- ③ DETERMINE EL PESO DE LA ARENA QUE SE EMPLEA PARA LLE-NAR EL CONO Y EL ORIFICIO DE LA PLACA BASE (1)-(2)

ESTA SECUENCIA SE REPITE LAS VECES QUE SEAN NECESARIAS HAS TA OBTENER UN VALOR REPRESENTIVO

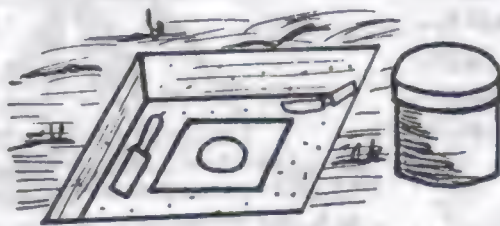


- ④ SE CALIBRA LA ARENA QUE SE VA A EMPLEAR EN EL ENSAYE. PARA TAL FIN SE USA EL MISMO DISPO-SITIVO (RECIPIENTE, CONO, FRASCO Y ARENA).

COLOCANDO EN LA PARTE INFERIOR UN MOLDE METALICO DE DIMENSIONES SIMILARES AL DE LA CALA. A CONTINUACION SE LLENA EL MOLDE METALICO CON ARENA Y SE DETERMINA EL PESO (PREVIAMENTE SE REGISTRA EL PESO DEL MOLDE). COMO SE CONOCEN LAS DIMENSIONES DEL MOLDE, SE PUEDE CALCULAR EL PESO VOLUMETRICO DE LA ARENA (γ_d). ESTA SECUENCIA SE REPITE LAS VECES QUE SEAN NECESARIAS CON EL OBJETO DE TENER UN VALOR REPRESENTATIVO.

DETERMINACION DEL VOLUMEN DE LA CALA EN EL CAMPO.

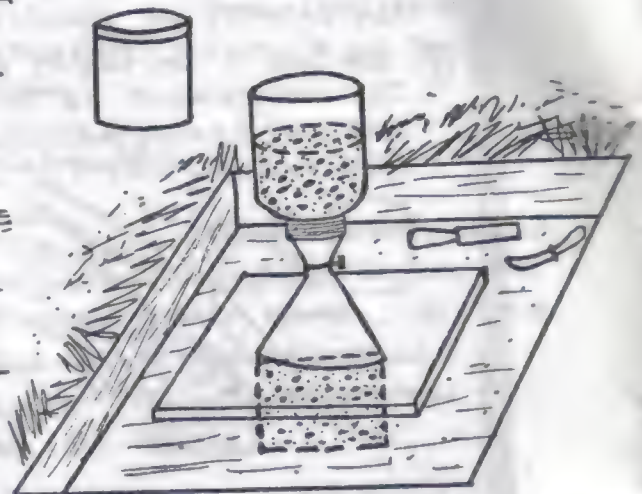
- ⑤ DEL LUGAR DONDE SE DESEA CONOCER EL PESO VOLUMETRICO SE HACE UN CUADRADO DE APROXIMADAMENTE (50x50cm) Y SE EXCAVA APROX. 20cm O MAS PROCURANDO QUE SE ENCUENTRE LO MAS NIVELADO POSIBLE LA SUPERFICIE DESCUBIERTA EN LAS CONSTRUCCIONES DE PAVIMENTOS, ESTA EXCAVACION PRELIMINAR, SE HACE GENERALMENTE, EN LAS DOS CAPAS INMEDIATAS A LA ULTIMA COMPACTADA.



- ⑥ SE HACE LA CALA, TOMANDO COMO BASE LA PERFORACION DE LA PLACA, EL MATERIAL EXCAVADO

SE DEPOSITA EN UN RECIPIENTE OBTENIENDO AL FINAL SU PESO

DEL MATERIAL EXCAVADO SE TOMA UNA PORCION REPRESENTATIVA, DETERMINANDO SU CONTENIDO DE HUMEDAD.



- ⑦ A CONTINUACION SE COLOCA EL CONO DE ARENA, SE ABRE LA VALVULA DEJANDO QUE LA ARENA LLENE LA CALA, LA PLACA BASE Y EL CONO.

- ⑧ SE CIERRA LA VALVULA Y SE PESA EL DISPOSITIVO.

CON LOS VALORES OBTENIDOS Y LOS DATOS DE LOS PUNTOS ③ y ④ SE CALCULA EL PESO VOLUMETRICO.

$$\gamma_m = \gamma_h = \frac{\text{PESO MUESTRA}}{\text{VOLUMEN DE LA CALA}}$$

PESO DE LA ARENA QUE SE REQUIRIO PARA LLENAR LA CALA

$$= ① - ⑧ - ③$$

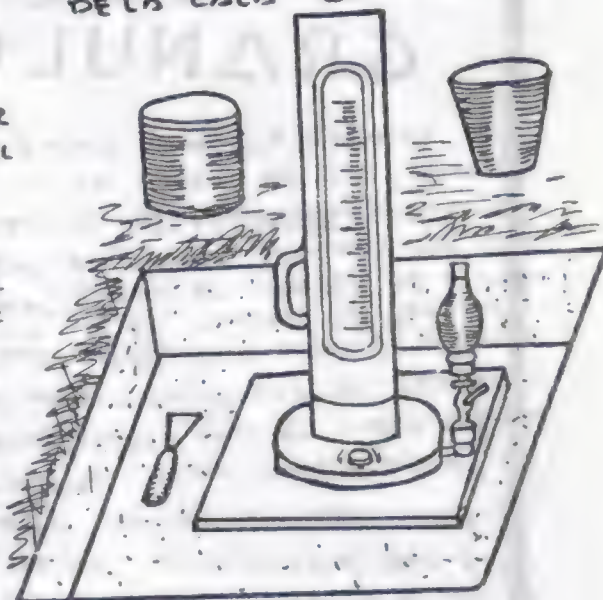
$$\text{VOL. CALA} = \frac{\text{PESO ARENA}}{\gamma_d}$$

PROCEDIMIENTO EMPLEANDO AGUA

UN PROCEDIMIENTO MAS EFICAZ PARA DETERMINAR EL PESO VOLUMETRICO EN EL CAMPO, CONSISTE EN EMPLEAR UN DISPOSITIVO DE VIDRIO GRADUADO Y UNA BOLSA DE HULE, LA CUAL QUEDA ADHERIDA EN EL INTERIOR DE LA CALA. LA SECUENCIA ES SIMILAR AL PROCEDIMIENTO EMPLEANDO EL CONO Y ARENA.

EL VOLUMEN DE LA CALA SE OBTIENE AL ABRIR LA VALVULA DEL MEDIDOR DE VOLUMEN LLENDO DE AGUA E INFLAR MEDIANTE UNA PERILLA LA BOLSA DE HULE, HASTA QUE EL NIVEL DEL AGUA EN EL DISPOSITIVO ALCANCE SU NIVEL MAS BAJO, REGISTRANDO LA LECTURA INICIAL. A CONTINUACION SE INVIERTE LA BOMBA PRESION VACIO Y SE BOMBEA PARA QUE LA BOLSA DE HULE REGRESE DENTRO DEL CILINDRO, CERRANDO INSTANTANEAMENTE LA VALVULA DE CONTROL.

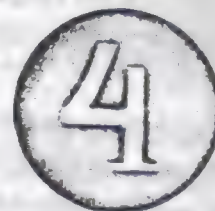
LA DIFERENCIA DE LECTURAS, MULTIPLICADA POR EL FACTOR DE CONVERSION DEL APARATO DARA EL VOLUMEN DE LA CALA EN dm^3



OBSERVACIONES Y POSIBLES ERRORES QUE SE PUEDEN COMETER EN LOS ENSAYES.

- 1.- QUE LA MUESTRA NO SEA LABRADA DEBIDAMENTE.
- 2.- LECTURAS MAL REGISTRADAS EN EL VERNIER.
- 3.- BALANZA MAL NIVELADA.
- 4.- LA PARAFINA Y BRES PIERDEN SUS PROPIEDADES QUIMICAS AL EFECTUAR DIFERENTE ALEACION VARIANDO CON ESTO SU DENSIDAD Y TAMBIEN DEBIDO A SU CONSTANTE USO.
- 5.- MAL CALIBRACION DE LA ARENA.
- 6.- QUE LA BOLSA DE HULE NO QUEDE DEBIDAMENTE ADHERIDA EN EL CONTORNO DE LA CALA.

ENSAYE



GRANULOMETRIA

OBJETIVO: ESTE ENSAYE CONSISTE EN SEPARAR POR TAMAÑOS LAS PARTICULAS DE SUELOS GRUESOS Y FINOS QUE COMPOENEN UNA MUESTRA DE MATERIAL EN ESTUDIO Y EN FUNCION DE ESTOS PODERLOS CLASIFICAR.

DEFINICION: SE DESIGNA COMO ENSAYE GRANULOMETRICO A LA DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION DE LAS PARTICULAS DE UN SUELO EN CUANTO A SU TAMAÑO.

APLICACION: EL REALIZAR UN ANALISIS GRANULOMETRICO TRAE COMO CONSECUENTE EN EL CASO DE SUELOS GRUESOS:

- 1.- PODER CLASIFICAR LOS SUELOS (COMUNES).
- 2.- ANALIZAR EL MATERIAL MAS FACTIBLE PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS.

3.- CALCULAR EL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD EN UNA FORMA APROXIMADA.

4.- DETERMINAR EL MATERIAL PETREO MAS CONVENIENTE PARA EL CONCRETO.

5.- PARA SUELOS FINOS (PARTICULAS MENORES DE LA MALLA Nº 200) ES CONVENIENTE OBTENER EL PORCENTAJE DE PARTICULAS MENORES DE UNA MICRA, ADEMAS EL INDICE DE PLASTICIDAD Y EL LIMITE DE CONTRACCION, YA QUE CON ESTOS DATOS PUEDE DETERMINARSE EL GRADO DE EXPANSION EN EL CASO DE QUE LOS SUELOS SEAN INESTABLES, DE ACUERDO CON EL CRITERIO DE W.C. HOLTZ. ASI MISMO, CON EL INDICE DE PLASTICIDAD Y EL % DE PARTICULAS MENORES DE 2 MICRAS SE OBTIENE LA ACTIVIDAD.

DENTRO DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA EFECTUAR LOS ENSAYES GRANULOMETRICOS SE TIENE :

1.- ANALISIS POR TAMICES O MALLAS (PROCEDIMIENTO VIA SECA). PARA MATERIALES CUYOS TAMAÑOS SE ENCUENTRAN COMPRENDIDOS ENTRE LA MALLA DE 3" Y LA Nº 200.

2.- ANALISIS POR TAMICES O MALLAS
(CON PREVIO LAVADO DE MATERIAL)
PARA MATERIALES COMPRENDIDOS DE LA
MALLA Nº 3" Y LA Nº 200

3.- ANALISIS POR VIA HUMEDA
(SUELOS FINOS)

a.- METODO DEL HIDROMETRO

b.- METODO HARVARD DE CAMPO

PARA TAMAÑOS MENORES DE LA MALLA Nº 200
SE CUENTA CON LOS METODOS a y b, SIEN-
DO EL PRIMERO EL MAS EMPLEADO. SOBRE
TODO PARA DETERMINAR TAMAÑOS HENO-
RES DE UNA MICRA.

4.- ANALISIS COMBINADO

(EMPLEANDO LOS PROCEDIMIENTOS 2 Y 3)

EL ANALISIS COMBINADO PROCEDE A REA-
LIZARSE CUANDO EL MATERIAL EN ES-
TUDIO CONTENGA MAS DEL 25% DE SU
PESO RETENIDO EN LA MALLA Nº 200

(ES NECESARIO QUE LOS MATERIALES
ARCILLOSOS SEAN DISCREGADOS ANTES
DE SECARSE TOTALMENTE.).

- EQUIPO:
- 1.- JUEGO DE MALLAS
 - 2.- HORNO ELECTRICO CON TEMPERATURA COMPRENDIDA ENTRE 105° A 110° C.
 - 3.- BALANZA CON CAPACIDAD DE 4000 gr. Y APROXIMACION AL 0.01 gr.
 - 4.- CHAROLAS.
 - 5.- CAPSULAS.
 - 6.- MAZO

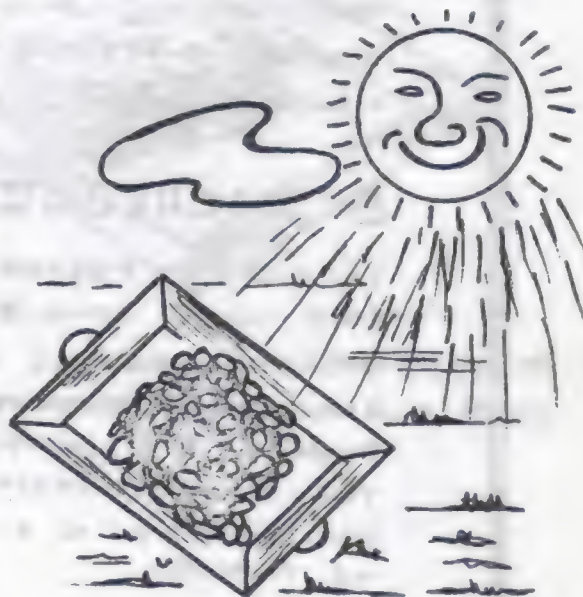
PREPARACION DE LA MUESTRA

LA PREPARACION DEL MATERIAL PARA ESTE ENSAYE SE HACE COMUNMENTE EN 3 ETAPAS.

- I.- SECADO DE LA MUESTRA
- II.- DISCREGACION DE LOS GRUMOS
- III.- CUARTEO

I.- SECADO

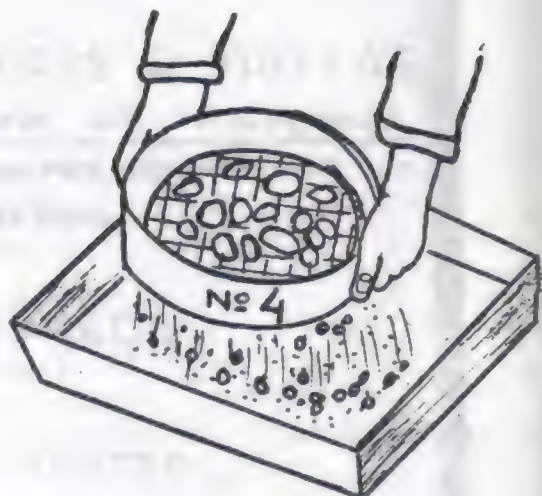
LA MUESTRA DEBE SECARSE CON EL OBJETO DE ELIMINAR EL AGUA QUE CONTIENGA, FACILITANDO ASI EL PROCESO DE DISCREGACION. PARA ELLO ES CONVENIENTE VACIAR



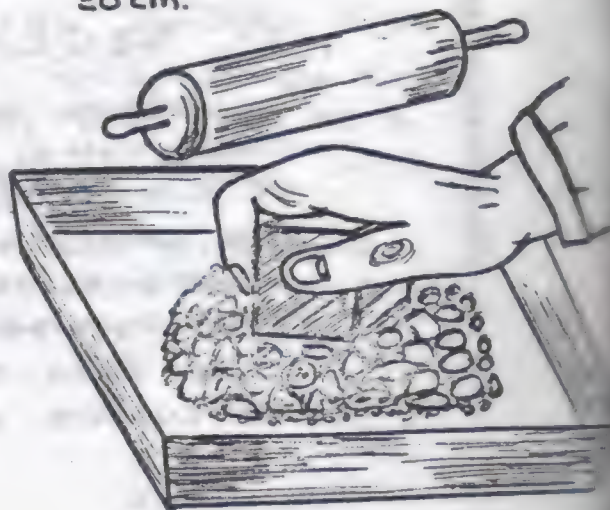
EL MATERIAL EN UNA CHAROLA DE LAMINA Y EXPONERLO AL SOL. PUEDE UTILIZARSE TAMBIEN UN HORNO ELECTRICO SOMETIENDO LA MUESTRA A UNA TEMPERATURA NO MAYOR DE 60°C . ESTO SE HACE CON EL FIN DE NO ALTERAR LA COHESION Y PLASTICIDAD DEL MATERIAL. SE DEBE TENER CUIDADO QUE LOS MATERIALES FINOS DE ALTA PLASTICIDAD NO SEAN SECADOS TOTALMENTE, YA QUE SE PUEDEN FORMAR GRUMOS QUE A LA POSTRE DIFICULTAN LA DISGREGACION.

2- DISGREGACION

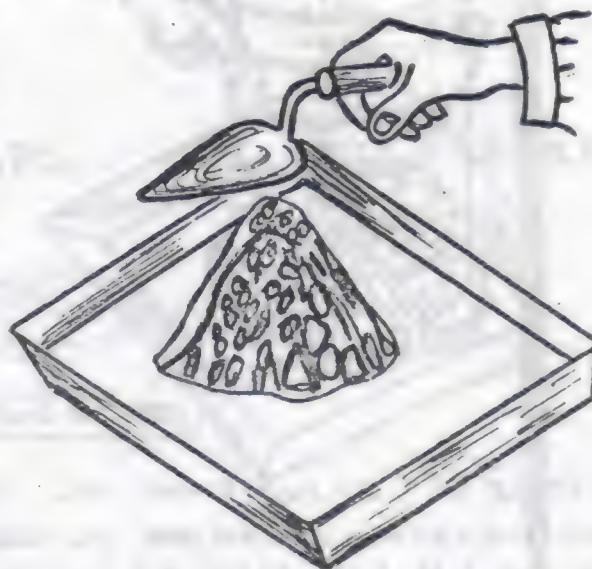
LO QUE SE PRETENDE EN ESTE CASO COMO SU NOMBRE LO INDICA ES SEPARAR LAS DIFERENTES PARTICULAS QUE CONSTITUYEN A UNA MUESTRA REDUCIENDOLAS A SU MINIMO TAMAÑO.



LA DISGREGACION DE LAS MUESTRAS SE REALIZA MEDIANTE UN MAZO DE MADERA DE FORMA CUADRANGULAR (15cm de altura, 10 cm por lado y 1 kg de peso) CON EL CUAL SE GOLPEA LA MUESTRA EN SENTIDO VERTICAL DESDE UNA ALTURA NO MAYOR DE 20 cm.

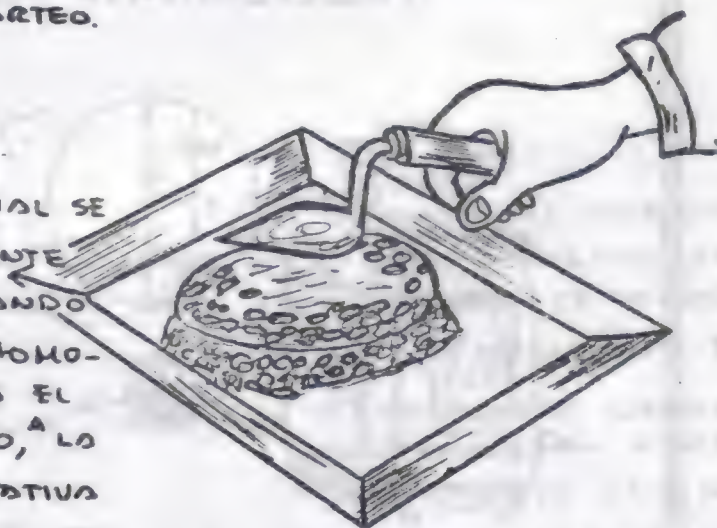


CON EL OBJETO DE FACILITAR LA DISGREGACION DEL MATERIAL ES NECESARIO CRIBARLO POR LA MALLA Nº 4. LOS GRUPOS TANTO RETENIDOS COMO LOS QUE PASARON POR LA MALLA DEBERAN SEGUIRSE DISGREGANDO CON EL MAZO Y POSTERIORMENTE SE HARA UN PREVIO CRIBADO ATRAVES DE LAS MALLAS DE 2", 3/4", Nº 4. FINALMENTE SE RECOPIA TODO EL MATERIAL MEZCLANDOLO ENTRE SI, PROCEDIENDO A REALIZAR EL CUARTEO.

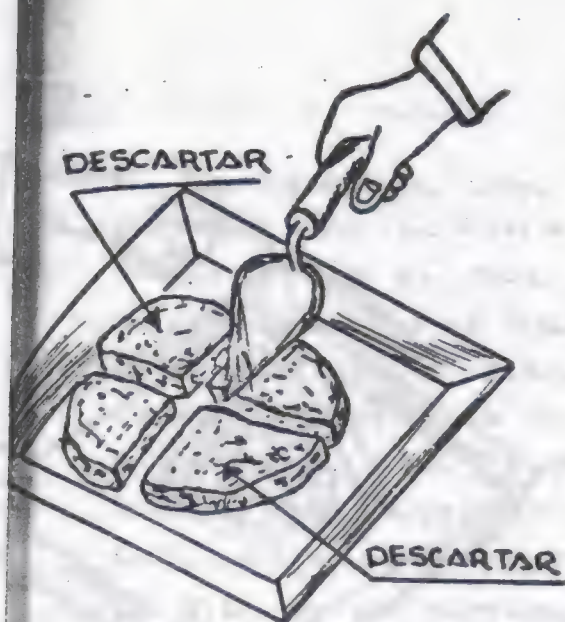


3.- CUARTEO

CUANDO EL MATERIAL SE ENCUENTRE TOTALMENTE REVUELTO PRESENTANDO UNA APARIENCIA HOMOGENA, SE EFECTUA EL CUARTEO, PARA ELLO, LA MUESTRA REPRESENTATIVA SE LE DA LA FORMA DE UN CONO TRUNCADO GOLPEANDO LA PARTE SUPERIOR CON UNA CU-

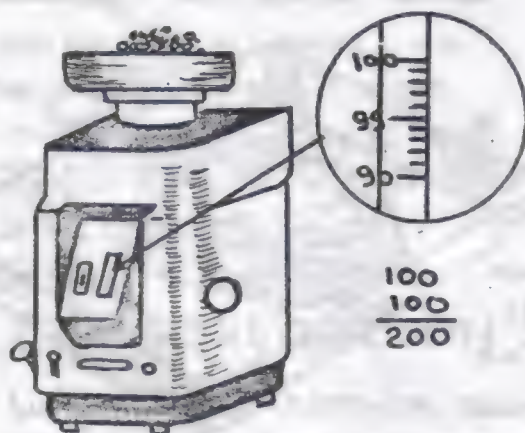


CHARA, EXPANDIENDO DE ESTA MANERA LA MUESTRA.



SE PROCEDE A DIVIDIR LA MUESTRA EN 4 PARTES, DE LAS CUALES ÚNICAMENTE SE TOMAN 2 DE ELLOS, ELIGIÉNDOSE POR CONVENIENCIA LOS CUADRANTES OPUESTOS.

1 ANALISIS POR TAMICES O MALLAS (PROCEDIMIENTO VIA SECA)

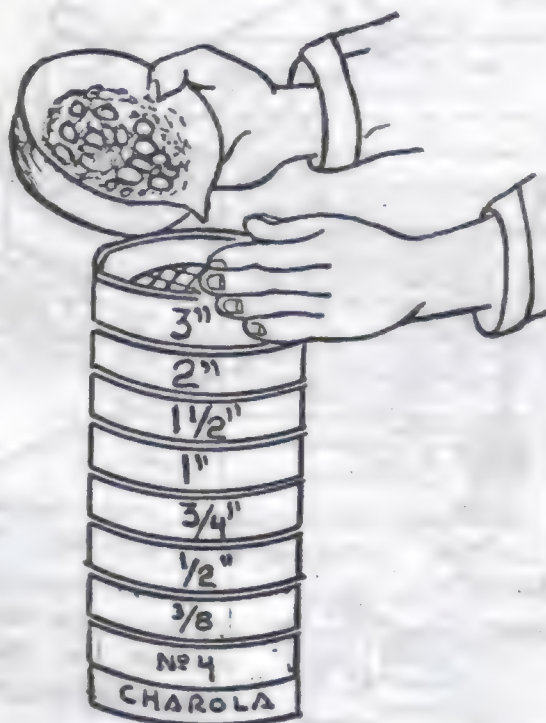


APROXIMADAMENTE DOS KILOGRAMOS DE MATERIAL LOS CUALES SE PESAN EN LA BALANZA ELECTRICA CON CAPACIDAD DE 4000 GR. OBTENIENDO EL PESO TOTAL (Wt) DE LA MUESTRA QUE VA A INTERVENIR EN EL ENSAYE

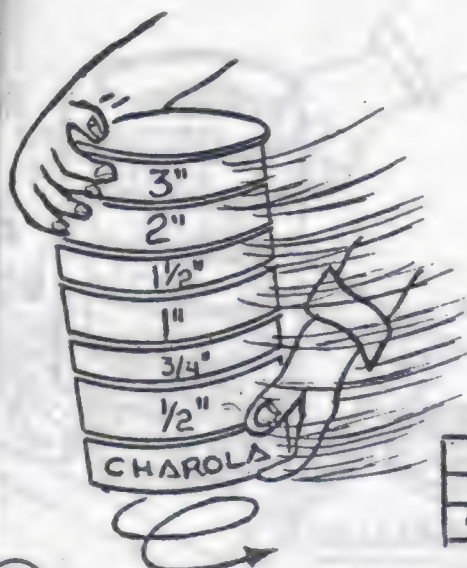
- ① DE LA MUESTRA REPRESENTATIVA CUARTADA SE TOMAN



LA SEPARACION DE LAS PARTICULAS SE EFECTUA EN 2 ETAPAS. EN LA PRIMERA INTERVIENEN LAS MALLAS DEL N° 3", 2", 1 1/2", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4 Y EN LA SEGUNDA LAS DEL N° 10, 20, 40, 60, 100, 200.



② EL MATERIAL QUE VA A SER EMPLEADO EN EL ENSAYE SE DEPOSITA EN LA MALLA DE 3". PREVIAMENTE DEBEN COLOCARSE EN FORMA DESCENDENTE LAS MALLAS QUE INTERVIENEN EN LA PRIMERA ETAPA.

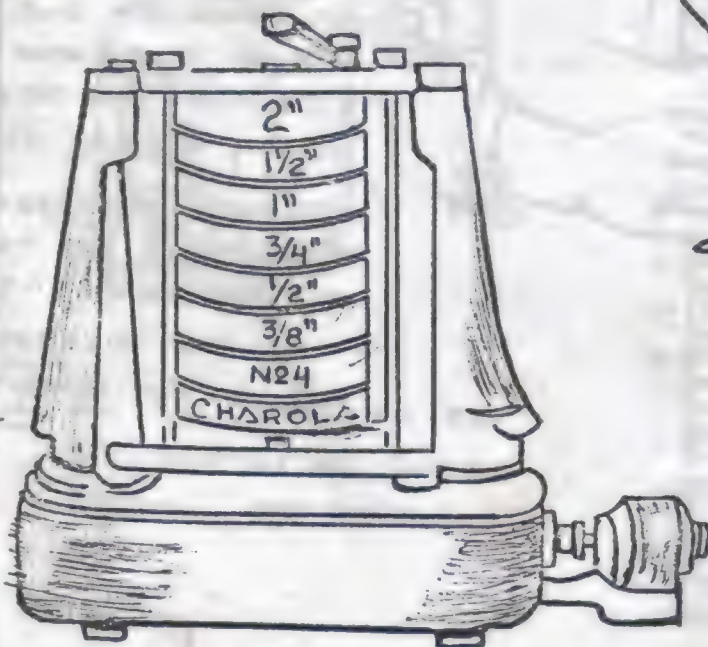


3/8"
No 4
CHAROLA.



- ③ SE PROCEDE ENSEGUI-
DA A REALIZAR CON
MOVIMIENTOS ROTATO-
RIOS --HORIZONTALES--
YA SEA MANUAL-
MENTE O CON EQUIPO
VIBRATORIO MECANICO
(RO-TAP) DURANTE
UN TIEMPO DE 15 MI-
NUTOS

- ④ SE DEPOSITA EL MA-
TERIAL DE CADA MA-
LLA EN UN PAPEL POR
SEPARADO.



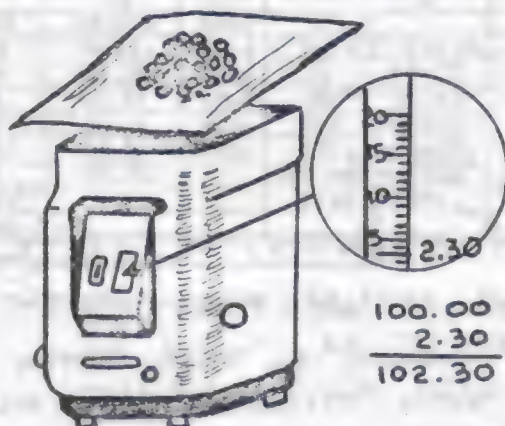
RO-TAP

A.I.H.C



LAS PARTICULAS SUELTAS
QUE QUEDEN RETENIDAS
EN LOS ALAMBRES DE LAS
MALLAS NO DEBEN FOR-
ZARSE A PASAR ATRA-
VES DE ELLOS, SE DE

BEN QUITAR CON UN CEPILLO O BROCHA INCLUYENDO LOS EN 30 FRACCION.



100.00
2.30
102.30

- 5 SE PESA PARCIALMENTE EL MATERIAL RETENIDO EN CADA MALLA.

(1)

MALLA NR	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO
	mm	gr
2"	50.80	
1 1/2"	36.10	
1"	25.40	102.30
3/4"	19.05	147.50
1/2"	12.70	358.90
3/8"	9.52	263.80
Nº 4	4.75	587.10
PASA Nº 4		650.55
SUMA		2110.75 gr

- 6 LOS VALORES OBTENIDOS SE ANOTAN EN EL REGISTRO QUE SE INDICA (COLUMNA 1).

- 7 EL MATERIAL QUE QUEDO RETENIDO EN LA CHAROLA SE VACIA EN LA MALLA DEL Nº 10 EFECTUANDO LA 2ª ETAPA DE LA MISMA MANERA QUE LA PRIMERA REPITIENDO LOS PASOS 3, 4 y 5 (PREVIAMENTE DEBEN COLOCARSE EN FORMA DESCENDENTE LAS MALLAS QUE INTERVIENEN EN ESTA ETAPA.)

(1)

MALLA NR	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO
	mm	gr
10	2.000	220.90
20	0.840	129.00
40	0.420	85.80
60	0.248	58.30
100	0.149	48.40
200	0.074	46.60
PASA 200		58.10
SUMA		647.10

- 8 LOS VALORES OBTENIDOS SE ANOTAN EN EL REGISTRO QUE SE INDICA.

CALCULOS

		①	②	③	④			⑤	⑥	⑦	⑧
MALLA N°	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	POR CIENTO RETENIDO PARCIAL	POR CIENTO QUE PASA	MALLA N°	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	POR CIENTO RETENIDO PARCIAL	POR CIENTO QUE PASA		
	m.m.	gr.	%	%		m.m.	gr.	%	%		
2"	50.80	115.23			10	2.000	220.90	10.465	20.355		
1 1/2"	36.10	89.80			20	0.840	129.00	6.111	14.247		
1"	25.40	102.30	4.846	95.154	40	0.420	85.80	4.064	10.183		
3/4"	19.05	147.50	6.988	88.166	60	0.250	58.30	2.760	7.423		
1/2"	12.70	358.90	17.003	71.163	100	0.149	48.40	2.293	5.130		
3/8"	9.52	283.80	12.437	58.666	200	0.074	46.60	2.207	2.923		
Nº 4	4.75	587.70	27.843	30.823	PASA 200		58.70	2.781	1.42		
PASA Nº 4		650.55	30.820	.003	SUMA			30.681			
SUMA		2110.75	99.997								

WT = PESO TOTAL W_r = PESO RETENIDO.

ERROR

- ES CONVENIENTE CHECAR EL PESO TOTAL DEL MATERIAL QUE HA SIDO UTILIZADO EN EL ENSAYE, PARA ELLO SE DEBEN SUMAR PARCIALMENTE LOS PESOS NETOS DE MATERIAL RETENIDO EN CADA MALLA, ACEPTANDO COMO TOLERANCIA UN 3% DE ERROR. EN CASO DE QUE SEA MAYOR DEBERÁ REPETIRSE EL ENSAYE. Y CUANDO SEA MENOR DEBERÁ SUMARSE EL VALOR NUMERICO AL MAYOR PESO REGISTRADO.

- SE CALCULAN ENSEGUIDA LOS PORCENTAJES PARCIALES RETENIDOS EN CADA UNA DE LAS MALLAS DIVIDIENDO SU CORRESPONDIENTE PESO RETENIDO ENTRE EL PESO TOTAL. EL VALOR OBTENIDO SE ANOTA EN LA COLUMNA N° 2.

$$\begin{aligned} \frac{\% \text{ RETENIDO PARCIAL}}{\text{EN LA MALLA DE } 1"} &= \frac{W_{r1"} \times 100}{W_T} \end{aligned}$$

$$= \frac{W_{r1"} \times 100}{W_T} = \frac{102.30}{2110.75} \times 100 = 4.846$$

$$\% \text{ RETENIDO PARCIAL EN LA MALLA } 2'' = \frac{W_{r2''}}{W_T} \times 100$$

⋮

⋮

$$\% \text{ RETENIDO PARCIAL EN LA MALLA N}^\circ 200 = \frac{W_{r200}}{W_T} \times 100 = \frac{46.6}{2110.75} \times 100 = 2.207$$

- ③ SE DETERMINA EL PORCENTAJE QUE PASA EN CADA UNA DE LAS MALLAS, POR EJEMPLO PARA LA MALLA DE 3" SERA EL 100% - EL % RETENIDO EN LA MISMA, Y PARA LOS SIGUIENTES SE IRA RESTANDO DE LO QUE VAYA QUEDANDO EN LA MALLA ANTERIOR. EL VALOR OBTENIDO SE ANOTA EN LA COLUMNA 3 DEL REGISTRO INDICADO.

$$\% \text{ QUE PASO EN LA MALLA DE } 3'' = 100\% - \underbrace{\hspace{2cm}}_{\% \text{ RETENIDO EN LA MALLA DE } 3''}$$

$$\% \text{ QUE PASO MALLA } 1'' = 100 - 4.864 = 95.154$$

$$\% \text{ QUE PASO EN LA MALLA DE } 3\frac{1}{4}'' = \underbrace{95.154}_{\% \text{ QUE PASO EN LA MALLA DE } 1''} - \underbrace{6.988}_{\% \text{ RETENIDO EN LA MALLA DE } 3\frac{1}{4}''} = 88.166$$

⋮

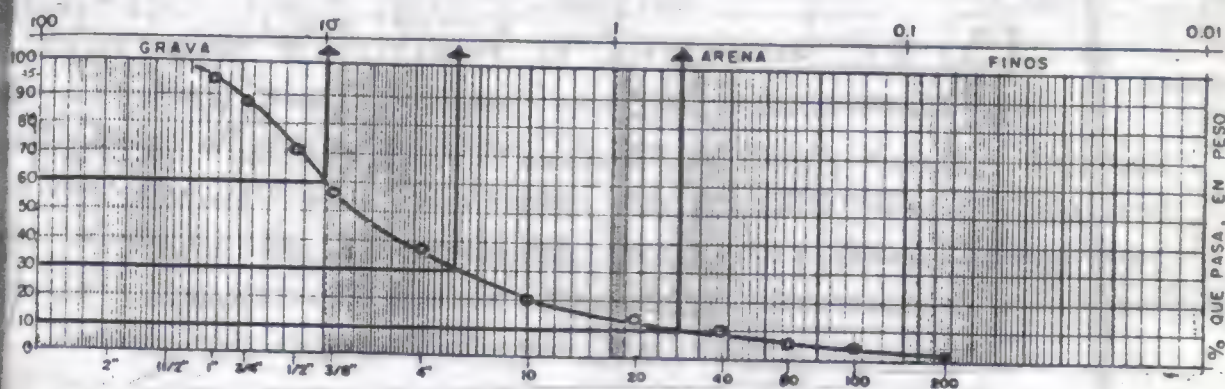
⋮

⋮

$$\% \text{ QUE PASO EN LA MALLA N}^\circ 200 = \underbrace{5.130}_{\% \text{ QUE PASO EN LA MALLA N}^\circ 100} - \underbrace{2.207}_{\% \text{ RETENIDO EN LA MALLA N}^\circ 200} = 2.923$$

RESULTADOS Y PRESENTACION

CON LOS VALORES OBTENIDOS DE LOS PORCENTAJES QUE PASARON EN CADA UNA DE LAS MALLAS (COLUMNA 3) Y EL NUMERO DE LAS MISMAS, SE CONSTRUYE UNA GRAFICA EN ESCALA SEMI-LOGARITMICA QUE SE INDICA A CONTINUACION.



EN EL EJE DE LAS ORDENADAS SE ANOTA EN ESCALA NATURAL EL PORCENTAJE QUE PASA EN CADA MALLA Y EN EL EJE DE LAS ABSCISAS EN ESCALA LOGARITMICA EL NUMERO DE LA MALLA CORRESPONDIENTE EN PULGADAS (ANOTADO EN LA PARTE INFERIOR). UNIENDO LOS PUNTOS SE OBTIENE LA CURVA GRANULOMETRICA, LA CUAL SERVIRA DE BASE PARA ENCONTRAR LOS PARAMETROS DE ALLEN HAZEN (D_{60} , D_{30} , D_{10}). EL VALOR DE CADA UNO DE ELLOS SE LOCALIZA AL INTERSECTAR LA CURVA GRANULOMETRICA, LEYENDO DIRECTAMENTE EL VALOR EN MILIMETROS EN LA PARTE SUPERIOR DE LA GRAFICA.

CON LOS VALORES DE D_{60} , D_{30} Y D_{10} SE CALCULAN LOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD (C_u) Y CURVATURA (C_c).

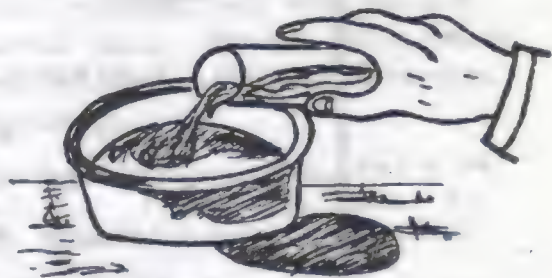
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} ; C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

CONOCIDOS LOS % DE MATERIAL GRUESO Y FINO ASI COMO SU C_u Y C_c SE PODRA CLASIFICAR EL TIPO DE SUELO DE ACUERDO CON EL S.U.C.S

2.- ANALISIS POR TAMICES O MALLAS (PROCEDIMIENTO CON PREVIO LAVADO DE MATERIAL)

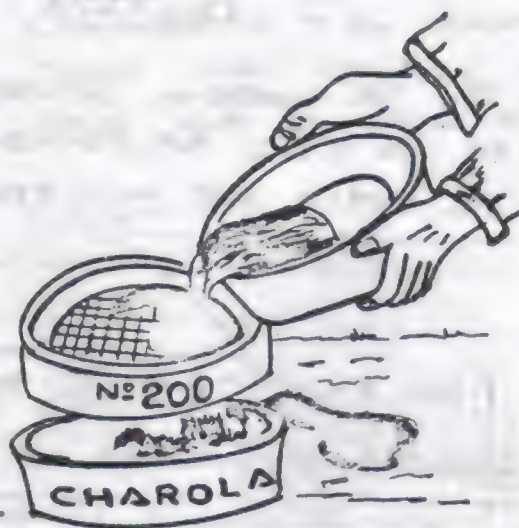
EL PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACION DE MATERIAL SE REALIZA EN IGUAL FORMA QUE EL ANTERIOR ENSAYE, EN LO QUE RESPECTA AL SECADO DE LA MUESTRA, DISGREGACION Y CUARTEO.

COMO SU NOMBRE LO INDICA ESTE ENSAYE CONSISTE EN SOMETER AL MATERIAL A UN PROCESO DE LAVADO.



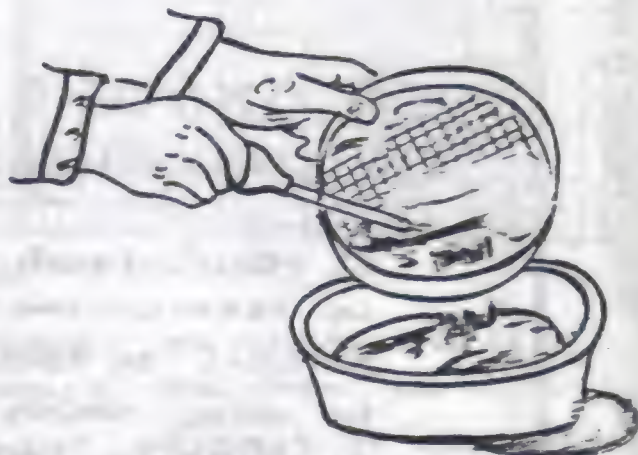
PARA ELLO SE INTRODUCE EN UN RECIPIENTE CON AGUA DURANTE UN TIEMPO DE 2 A 12 HR. , CON EL OBJETO DE ELIMINAR LAS PARTICULAS FINAS QUE SE ENCUENTRAN ADHERIDAS EN LOS SUELOS

GRUESOS Y LA DISGRE-
GACION TOTAL DE LOS
SUELOS FINOS.



EL MATERIAL QUE HA
QUEDADO EN SUSPEN-
SION SE VIERTE EN
LA MALLA Nº 200 LO-
GRANDO CON ELLO IR
SEPARANDO LAS PARTI-
CULAS GRUESAS DE LOS
FINOS, EL MATERIAL RE-
TENIDO SE SOMETE A
UN NUEVO LAVADO RE-
PITIENDO LO ANTERIOR.
MENTE EXPUESTO LAS VE-
CES QUE SEAN NECESA-
RIAS HASTA OBSERVAR
QUE EL AGUA QUE PASA
POR LA MALLA Nº 200
SEA CLARA.

A. I. M. C.



EL MATERIAL GRUESO
QUE HA SIDO LAVADO
SE SOMETE A SECADO
EN UN HORNO ELECTRI-
CO, CON EL OBJETO DE
QUE PIERDA TOTALMENTE
SU HUMEDAD. CUANDO
SE HA LOGRADO ESTO SE
PROCEDE EN CUALquier
QUE EN EL ENSAYO POR
VIA SECA. ESTE TIPO DE

ENSAYE TIENDE A SER MAS REAL QUE EL ANTERIORMENTE EXPUERTO, YA QUE CON EL PESO DEL MATERIAL NO ADHERIDO EN LOS CIRCUITOS SE LLEGAN A COMETER ERRORES DE 2 A 4%.

OBSERVACIONES Y ERRORES QUE PUEDEN COMETERSE EN EL ENSAYE.

QUE LA BALANZA NO SE ENCUENTRE DEBIDAMENTE NIVELADA.

LECTURAS EN LA BALANZA MAL TOMADAS.

TEMPERATURA NO UNIFORME EN EL HORNO

CUARTO INADECUADO

SE DEBE TENER CUIDADO DE NO ESTAR ABRIENDO EL HORNO CONSTANTEMENTE, E INTRODUCIR MUESTRAS CON CONTENIDOS DE HUMEDAD ELEVADOS, YA QUE SE OCASIONA DESPRENDIMIENTO DE VAPOR QUE PUEDEN RECIBIR LAS MUESTRAS QUE SE ENCUENTRAN SECAS.

QUE EL TIEMPO DE SECADO SEA INFERIOR A LO ESPECIFICADO.

MAL ESTADO DE LAS MALLAS (ROTURAS EN LOS HILOS.)

QUE EN EL PROCESO DE LAVADO NO SE SOMETE A UN DEBIDO MOVIMIENTO CON LOS DEDOS Y EL AGUA SEA PROPICIO PARA QUE LAS PARTICULAS PASEN POR LAS MALLAS.

QUE AL ESTAR EFECTUANDO EL LAVADO, PASE POR DESAPERCIBIDO EL MATERIAL QUE SE ENCUENTRA LIMPIO, SIENDO QUE AUN AL REALIZAR OTRO LAVADO, QUEDEN TODAVIA PARTICULAS FINAS. (ESTO SE PUEDE COMPROBAR AL TERMINAR LA 2ª ETAPA DEL ANALISIS MECANICO

DEBIDO A LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA POR LA MALLA Nº 200).

10.- TIEMPO INSUFICIENTE AL EFECTUAR EL VIBRADO.

11.- EL S.U.C.S. CLASSIFICA A LOS SUELOS SEGUN SU TAMAÑO SIN IMPORTAR SU RESISTENCIA, Y ASÍ PUEDEN TENERSE MATERIALES COMO EL "JALE" QUE DE ACUERDO A SU TAMAÑO CORRESPONDE A UNA GRAVA, SIN EMBARGO, SU RESISTENCIA A LA RUPTURA ES MENOR QUE LA QUE PRESENTA UN GRUPO DE ARCILLA EN ESTADO SECO, Y CON UN PESO VOLUMETRICO MENOR A LA UNIDAD.

MATERIAL: ARENA

SI EL MATERIAL (ARENA) SE ENCUENTRA DONDE SE PRETENDE CIMENTAR UNA PRESA (FLEXIBLE) PUEDEN HACERSE LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES.

1.- COLOCAR DENTELLONES PARA IMPEDIR EN PARTE EL FLUJO DE AGUA EN LA CIMENTACION.

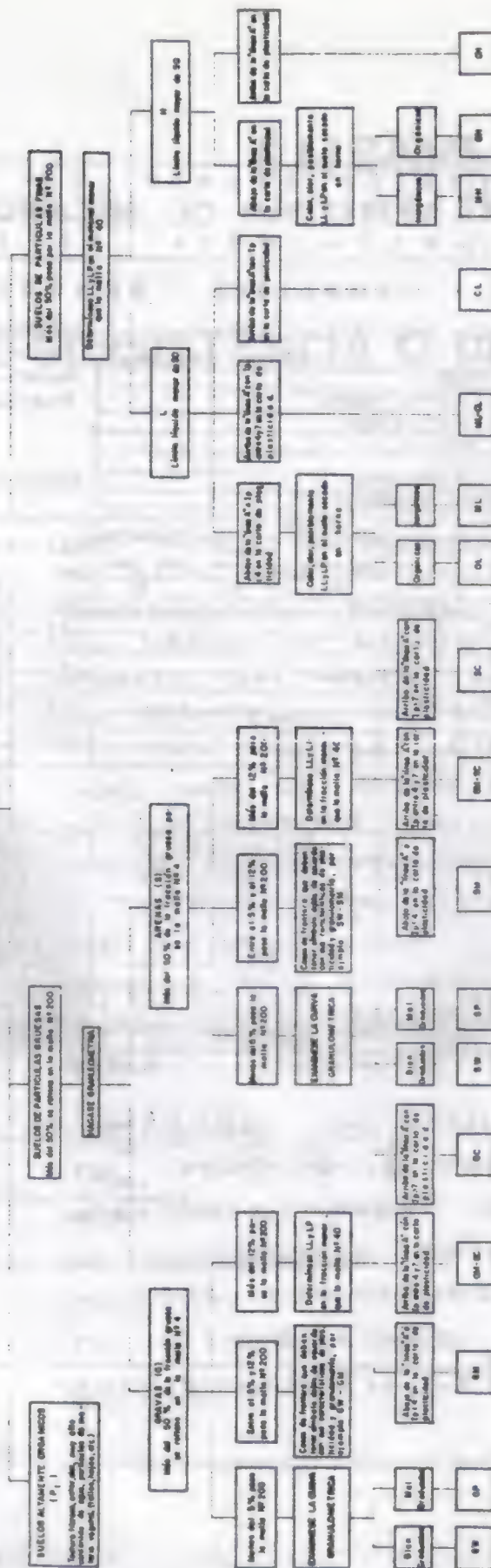
2.- INYECTAR LECHADAS DE AGUA CEMENTO EN FORMA ESTABLE, CON EL OBJETO DE ESTABILIZAR EL SUELO E INCREMENTANDO A LA VEZ SU RESISTENCIA. ESTAS MEZCLAS, DEBEN INYECTARSE A BAJA PRESION, YA QUE DE LO CONTRARIO PUEDEN PROVOCAR TUBIFICACIONES QUE A LA POSTERE PERJUDICAN LA CIMENTACION.

A.I.H.C

EN LO REFERENTE A MOVIMIENTOS SISMICOS EN ESTE TIPO DE MATERIAL, SE RECOMIENDA COLOCAR POZOS DE ALIVIO, QUE IMPIDEN EN UN MOMENTO SOBRE PRESIONES HIDROSTATICAS, EVITANDO EN PARTE, DE ESTA MANERA, EL FENOMENO DE LIQUACION DE ARENAS.

DENTRO DE LAS SOLUCIONES QUE SE ADOPTAN PARA ESTABILIZAR SUELOS FRICCIONANTES QUE SE ENCUENTRAN EN ESTADO SUELTO O LOCALIZADOS EN ZONAS SISMICAS SE TIENE.

- 1.- PRECARGAR EL AREA POR CONSTRUIR
- 2.- SUSTITUIR EL MATERIAL.
- 3.- HINCAR PILOTES.
- 4.- ESTABILIZAR LA ZONA A BASE DE LECHADAS AGUA - CEMENTO.
- 5.- REDUCIR LA CAPACIDAD DE CARGA.



NOTA - Let's bring out the message, let's bring it out.

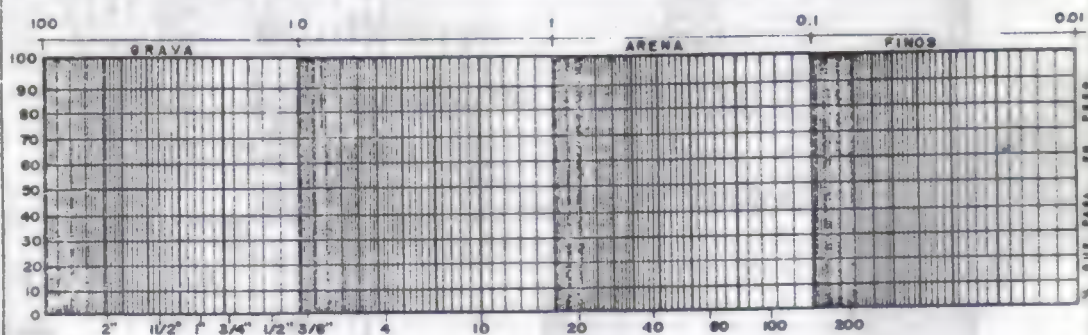
ANALISIS GRANULOMETRICO

Obra _____
 RET N° 4 PASA N° 4

Localización: _____
 Sondeo N°: _____
 Muestra _____
 Profundidad _____

POR CIENTO		
TARA 1 MUESTRA HUMEDA		
TARA 1 MUESTRA SECA		
PESO AGUA		
PESO TARA		
PESO MUESTRA SECA		
CONTENIDO DE HUMEDAD		

MALLA N°	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	POR CIENTO RETENIDO PARCIAL	POR CIENTO QUE PASA	MALLA N°	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	POR CIENTO RETENIDO PARCIAL	POR CIENTO QUE PASA
	m.m.	gr.	%	%		m.m.	gr.	%	%
2"	50.80				10	2.000			
1 1/2"	36.10				20	0.840			
1"	25.40				40	0.420			
3/4"	19.05				60	0.248			
1/2"	12.70				100	0.149			
3/8"	9.52				200	0.074			
N° 4	4.75				PASA 200				
PASA N°					SUMA				
SUMA									



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$
 $D_{30} = \underline{\hspace{2cm}}$
 $D_{60} = \underline{\hspace{2cm}}$

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$
 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \underline{\hspace{2cm}}$

$F = \underline{\hspace{2cm}}$
 $G = \underline{\hspace{2cm}}$
 $S = \underline{\hspace{2cm}}$

CLASIFICACION SUCS: _____

ENSAYE



LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

INTRODUCCION

LOS SUELOS DEPENDIENDO DE LA CANTIDAD DE AGUA QUE POSEAN Y DE SUS CARACTERISTICAS FISICAS PUEDEN SER EN MENOR O MAYOR ESCALA DEFORMABLES. ASI MISMO, ESTA EN FUNCION DE SU RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE. POR EJEMPLO LA ARCILLA A MEDIDA QUE VA PERDIENDO SU CONTENIDO DE HUMEDAD SU RESISTENCIA SE INCREMENTA INICIALMENTE LLEGANDO A UN ESTADO PLASTICO, SI EL PROCESO CONTINUA HASTA ALCANZAR EL MATERIAL UN ESTADO SOLIDO SU RESISTENCIA AL ESFUERZO RESULTA MAYOR.

→ ATTERBERG, EN FORMA EXPERIMENTAL PROPUSO 4 ESTADOS POR LOS QUE PUEDEN PASAR LOS SUELOS AL IR DISMINUYENDO SU CONTENIDO DE HUMEDAD, DEFINIENDO 3 FRONTERAS, A LAS QUE LLAMO LIMITES DE CONSISTENCIA (LL, LP, LC).

SEMI-LIQUIDO	_____	L.L	}	$L.L - L.P = I_p$
PLASTICO	_____	L.P		
SEMI-SOLIDO	_____	L.C	}	$L.P - L.C = I_c$
SOLIDO	_____	L.C		

L.L = LIMITE LIQUIDO

L.P = LIMITE PLASTICO

L.C = LIMITE DE CONTRACCION

I_p = INDICE DE PLASTICIDAD

I_c = INDICE DE CONTRACCION

OBJETIVO : DETERMINAR LOS LIMITES LIQUIDO, PLASTICO Y DE CONTRACCION, CLASIFICAR EL MATERIAL, OBTENER EL INDICE DE FLUIDEZ Y TENACIDAD. COMPARAR LOS VALORES OBTENIDOS CON OTROS SUELOS.

DEFINICIONES: LIMITE LIQUIDO (L.L). - ES LA FRONTERA COMPRENDIDA ENTRE EL ESTADO SEMI-LIQUIDO Y PLASTICO, DEFINIENDOSE COMO EL CONTENIDO DE HUMEDAD QUE REQUIERE UN SUELO PREVIAMENTE REMOLDEADO, EN EL QUE AL DARLE UNA FORMA TRAPEZIAL SUS TALUDES FALLEN SIMULTANEAMENTE, CERRANDOSE LA RANURA LONGITUDINALMENTE 13mm, SIN RESVALAR EN SUS APOYOS, AL SUFRIR EL IMPACTO DE 25 GOLPES CONSECUTIVOS (DE 2 POR SEGUNDO) EN LA COPA DE CASA GRANDE, SIENDO SU ALTURA DE CAIDA 1cm.

EL LIMITE LIQUIDO SE DEFINE TAMBIEN COMO EL CONTENIDO DE HUMEDAD QUE REQUIERE UN SUELO PARA PRESENTAR UNA RESISTENCIA AL ESFUERZO CONSTANTE DE APROXIMADAMENTE 27 g/cm^2 INDEPENDIENTEMENTE DE SU MINERALOGIA.

LIMITE PLASTICO.-(Lp) ES LA FRONTERA COMPRENDIDA ENTRE EL ESTADO PLASTICO Y SEMI-SOLIDO. SE DEFINE COMO EL CONTENIDO DE HUMEDAD QUE POSEE UN CILINDRO DE MATERIAL EN ESTUDIO DE 11 cm DE LONGITUD Y 3.2 mm DE DIAMETRO (FORMADO AL ROLARLO CON LA MANO SOBRE UNA SUPERFICIE LISA) AL COMENZAR A SUFRIR AGRIETAMIENTOS EN SU ESTRUCTURA.

LIMITE DE CONTRACCION (Lc).- ES LA DENOMINACION QUE RECIBE ARBITRARIAMENTE EL MATERIAL QUE SE ENCUENTRA ENTRE LOS ESTADOS SEMI-SOLIDO Y SOLIDO. QUEDANDO DEFINIDO SU VALOR COMO EL CONTENIDO DE HUMEDAD QUE TIENE UN SUELO EN EL CUAL TRAS UN SECADO POSTERIOR YA NO PROVOCA DISMINUCION DE VOLUMEN.

EQUIPO:

- 1.- BALANZA ELECTRICA CON APROXIMACION A 0.01 gr. CAPACIDAD 800 gr.
- 2.- CAPSULAS DE PORCELANA
- 3.- VIDRIOS DE RELOJ.
- 4.- CAPSULAS PETRI
- 5.- ESPATULA DE ACERO INOXIDABLE DE HOJA FLEXIBLE.
- 6.- COPA DE CASAGRANDE
- 7.- RANURADOR.
- 8.- MALLAS N°4 , 40
- 9.- PLACA DE VIDRIO DESPULIDO DE 20 x 20 cm.
- 10.- HORNO CON TEMPERATURA CONSTANTE DE 105°C.

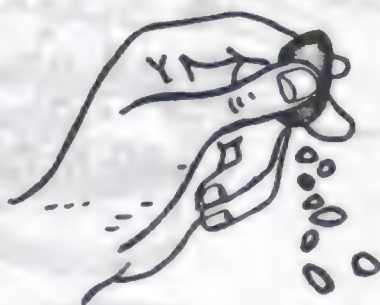
OTROS: DESECADOR, PISETA, CON AGUA DESTILADA, PIPETA, VASO DE PRECIPITADOS, PAPEL SECANTE, RECIPIENTE, PLACAS DE VIDRIO, VERNIER.

PREPARACION DE LA MUESTRA

LA MUESTRA QUE SE EMPLEA EN ESTE TIPO DE ENSAYE DE PREFERENCIA DEBE SER CRIBADA POR LA MALLA N°40 Y ASES PARA EL METODO SECO O PARA EL HE-

TODO HUMEDO. PARA SABER CUANDO SE EMPLEA UNO U OTRO SE SOMETE A LA MUESTRA A UNA PRUEBA MUY SIMPLE QUE CONSISTE EN SECAR A

ESTUFA O EN EL HORNO
EL MATERIAL.

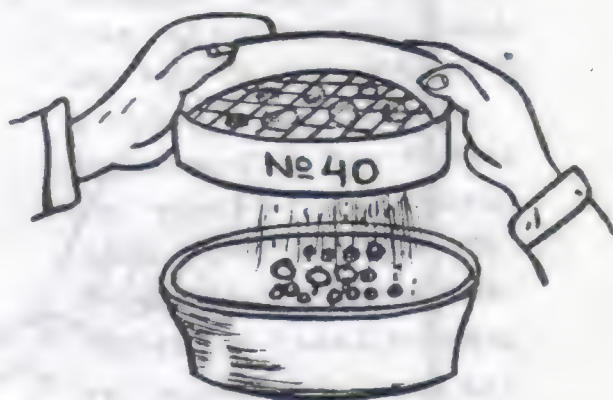


CUANDO EL MATERIAL SE ENCUENTRA COMPLETAMENTE SECO SE PROCEDE A ENSAYAR SU RESISTENCIA EN ESTADO SECO. SI SE ROMPE CON FACILIDAD Y EL MATERIAL FINO SE CONVIERTE EN POLVO AL APRISIONARLO CON LOS DEDOS, EL ANALISIS DEBE HACERSE MEDIANTE EL METODO SECO Y CUANDO LA MUESTRA PRESENTE DIFICULTAD AL DISGREGAR SE ES RECOMENDABLE EL METODO HUMEDO.

METODO SECO



- 1 SE DISGREGAN 200gr. DE MATERIAL CON LA AYUDA DE UN MAZO.

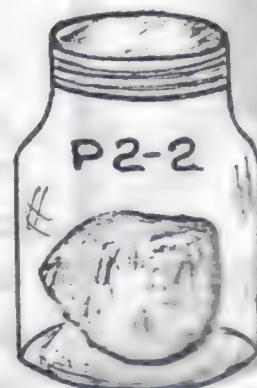
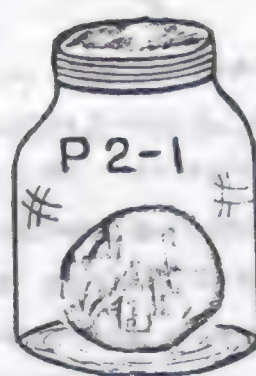


- 2 SE CRIBA LA MUESTRA ATRAVES DE LA MALLA Nº 40, DESCARTANDO EL MATERIAL QUE HA QUEDADO RETENIDO.



HOMOGENIZARLO HAS-
TA QUE ADQUIERA UNA
CONSISTENCIA ESPESA,
DE APROXIMADAMEN-
TE 12 GOLPES AL HA-
CER EL ENSAYE DEL
LIMITE LIQUIDO.

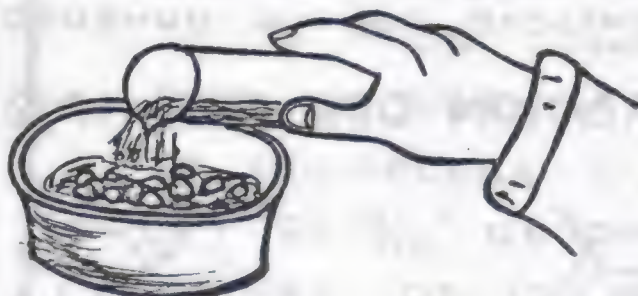
- ③ MEDIANTE UNA PISE-
TA O PIPETA SE
AGREGA AGUA AL
MATERIAL



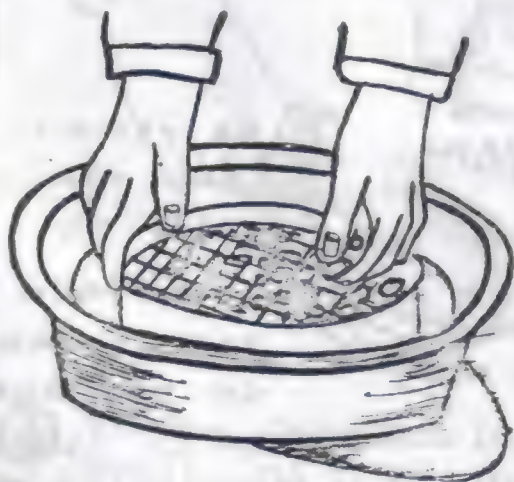
- ⑤ EL MATERIAL HUMECI-
CIDO SE DEPOSITA
EN FRASCOS DE VIDRIO
DEJANDOSE REPOSAR
24 hr. CON EL OBJETO
DE UNIFORMIZAR LA
HUMEDAD.

- ④ CON UNA ESPATULA
SE REMOLDEA EL MA-
TERIAL PROCURANDO

METODO HUMEDO

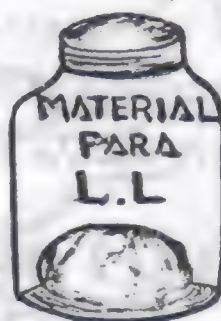


- ① SE DESMENUZA LA MUESTRA EN UN RECIPIENTE DEJANDOSE REHOJAR HASTA QUE EL MATERIAL SE DISGREGUE TOTALMENTE.



- ② EL MATERIAL SE CRIBA POR LA MALLA Nº 40 (LA MUESTRA DEBE QUEDAR BIEN LAVADA)

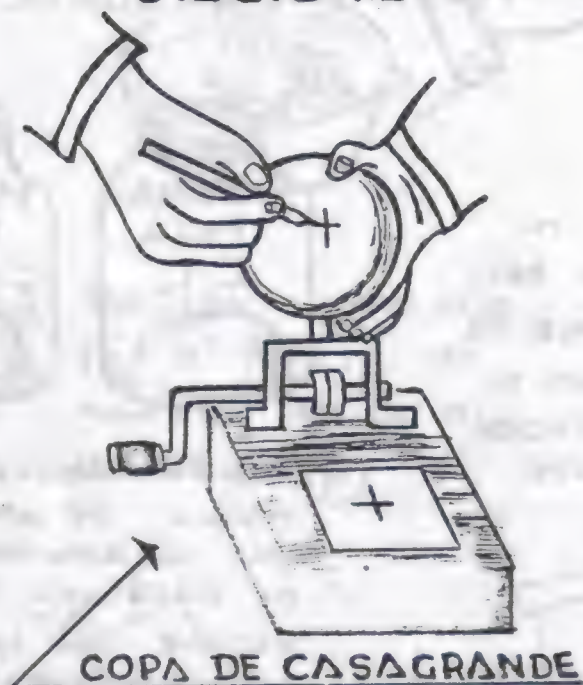
- ③ LA MUESTRA QUE CONTINUA ESTUDIANDOSE SE DEJA EVAPORAR HASTA ADQUIRIR UNA CONSISTENCIA SUAVE.



- ④ EN UN FRASCO DE VIDRIO SE APTA UNA CIERTA CANTIDAD DE MATERIAL PARA EL ENSAYE DEL LIMITE LIQUIDO Y EN OTRO SE VACIA MATERIAL CON CONTENIDO DE HUMEDAD MENOR AL PRIMERO (LIGERAMENTE SUPERIOR AL LIMITE PLASTICO), EMPLEANDOSE PARA LA DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO. AMBOS MATERIALES SE DEJAN REPOSAR

UN TIEMPO RELATIVAMENTE INFERIOR AL DEL
METODO SECO, DEBIDO A QUE EL MATERIAL HA
ESTADO EN CONTACTO CON LA HUMEDAD

CALIBRACION DEL EQUIPO



ANTES DE INICIAR LA
PRUEBA SE CALIBRA LA
COPA DE CASAGRANDE
EN LA SIGUIENTE FOR-
MA.

- ① CON UN LAPIZ SE MAR-
CA UNA CRUZ EN EL
CENTRO DE LA COPA.
LA POSICION DE ESTE
PUNTO QUEDA DEFI-
NIDA AL GOLPEARSE
LA COPA CON SU
BASE.



- ② SE VERIFICA QUE LA
COPA TENGA UNA AL-
TURA DE CAIDA DE
1 CM. PARA ELLO SE
HACE PASAR EL MAN-
GO DEL RANURADOR
EN LA PARTE INFERI-
OR DE LA COPA CU-
ANDO ESTA SE EN-
CUENTRE EN SU MA-
XIMA ALTURA. UNA
VEZ QUE SE HA LOGRA-
DO ESTO SE SUJETAN
LOS TORNILLOS.

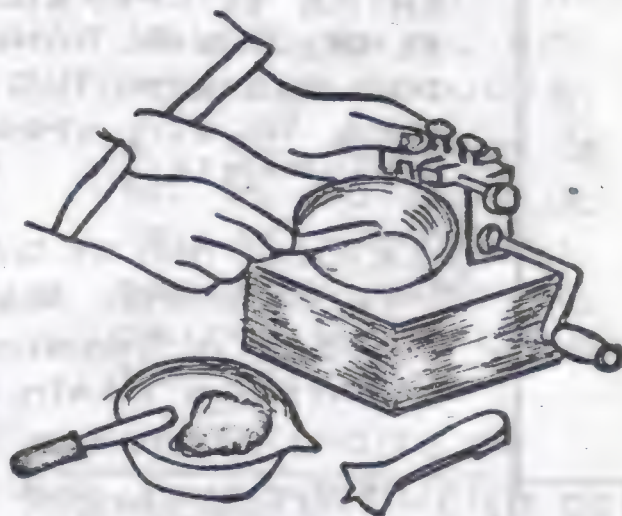
- ③ DEBE VERIFICARSE EL REBOTE DE LA COPA EN SU BASE, PARA ELLO ES NECESARIO COMPROBAR SI LA BASE DE MICARTA O HULE COMPRIMIDO ES EFECTIVA PARA EL REBOTE DE LA COPA: ESTO SE COMPRUEBA AL DEJAR CAER UN BALIN DE $\frac{5}{16}$ " DE DIAMETRO DESDE UNA ALTURA DE 10". REBOTANDO CUANDO MENOS EL 80% DE LA ALTURA FIJADA.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

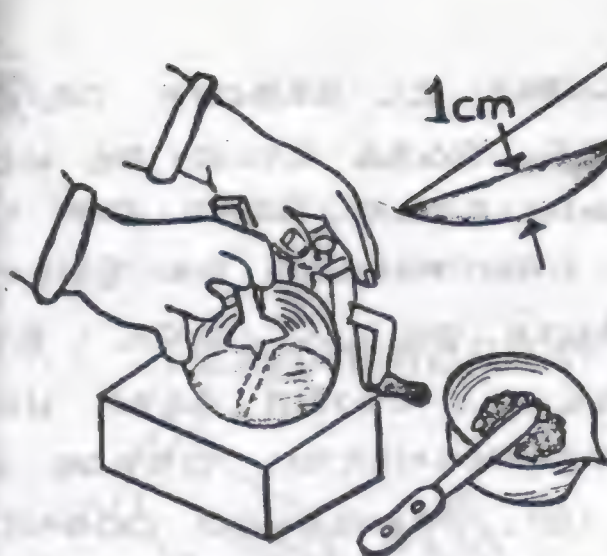
PROCEDIMIENTO



- ① EN UNA CAPSULA DE PORCELANA O EN UN VIDRIO LISO SE DEPOSITA LA MUESTRA RE MOLDEANDOLA CON UNA ESPATULA HASTA HOMOGENIZARLA.



- ② SE DEPOSITAN EN LA COPA DE CASAGRANDE APROXIMADAMENTE 60 gr. DE MATERIAL, PROCEEDIENDO A EFECTUAR EL ENRASE.

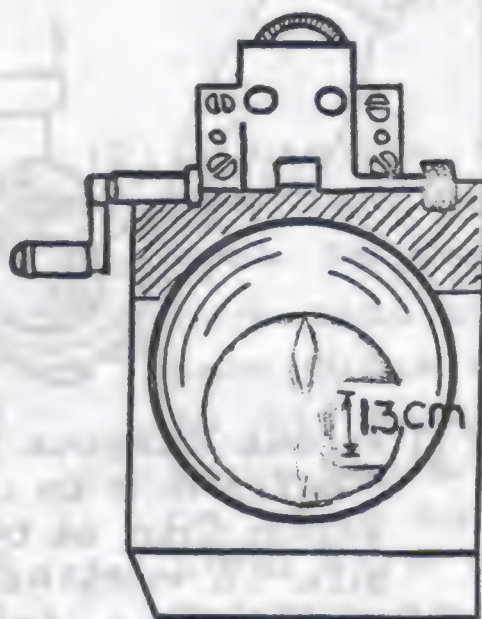
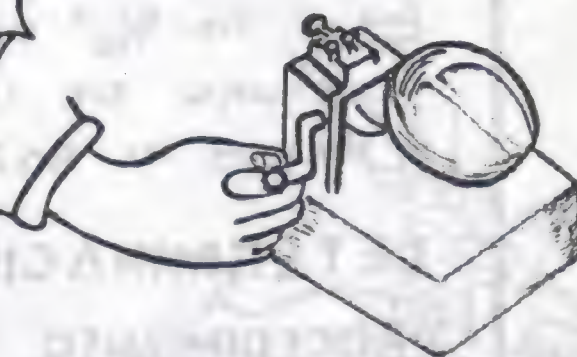


1cm

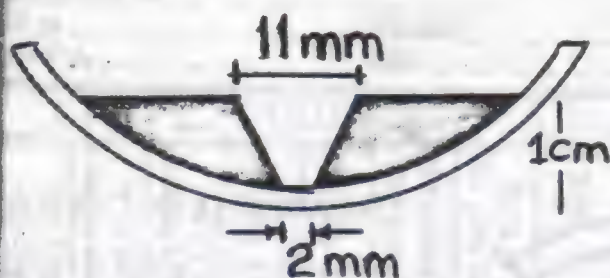
⑤ ANTES DE EFECTUAR, LOS GOLPES SE REVISA QUE LA COPA Y LA BASE SE ENCUENTREN LIMPIAS Y SECAS

③ DEL CENTRO DE LA MUESTRA Y DE ATRAS HACIA DONDE SE ENCUENTRA EL OPERADOR SE DESLIZA EL RANURADOR UNA LONGITUD MINIMA DE 4cm APROXIMADAMENTE.

④ EN EL CASO DE QUE EL MATERIAL SEA LIMOSO O CUANDO CONTENGA CIERTA CANTIDAD DE ARENA SE RECOMIENDA QUE INICIALMENTE SE HAGA UNA RANURA CON LA ESPATULA, UTILIZANDO ENSEGUIDA EL RANURADOR



RANURADOR



ANTES DEL ENSAYE



DESPUES DEL ENSAYE

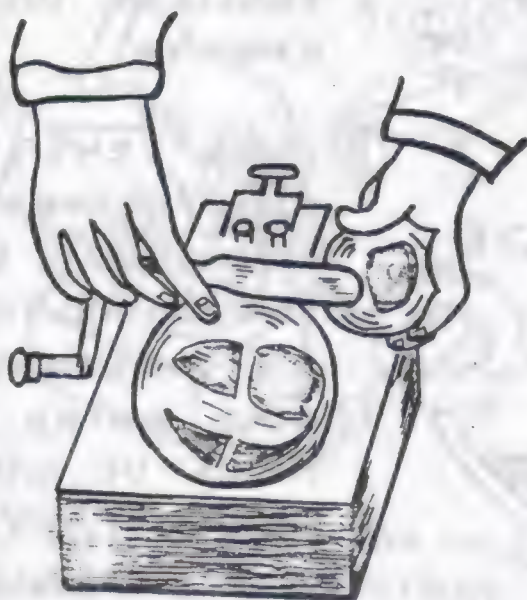
⑥ SE HACE GIRAR LA MANIJA CON UNA VELOCIDAD DE 2 GOLPES POR SEGUNDO, PARÁNDOSE INSTANTANEAMENTE AL OBSERVAR QUE LONGITUDINALMENTE SE HA UNIDO LA RANURA APROXIMADAMENTE 1.3 cm.

⑦ CON EL MISMO CONTENIDO DE HUMEDAD QUE POSEE EL MATERIAL SE PROCEDE A

REALIZAR UN NUEVO ENSAYE.

⑧ PARA TENER UN VALOR REPRESENTATIVO DE 2 ENSAYES SIMULTANEOS LA DIFERENCIA MINIMA ENTRE EL NUMERO DE GOLPES RESPECTIVOS DEBE SER UNO, ANOTÁNDOSE ESTE PRIMER VALOR EN EL REGISTRO ADJUNTO, EN EL SUPUESTO CASO DE NO CUMPLIRSE, SE REPITE EL PROCEDIMIENTO DESCRITO HASTA LOGRARLO.

PRUEBA Nº	CAPSULA Nº	NUMERO DE GOLPES
1	X	33
2	Y	19
3	Z	12
4	P	8



NUYENDO O AUMEN-
 TANDO LA HUMEDAD
 HASTA OBTENER
 CUATRO VALORES
 COMPRENDIDOS EN-
 TRE OCHO Y CUA-
 RENTA GOLPES.

⑨ AL REALIZAR LO
 PROPUESTO SE TO-
 MAN APROXIMADA-
 MENTE 10 gr. DE LA
 MUESTRA QUE SE EN-
 CUENTRA EN EL CIE-
 RRE DE LA RANURA,
 PROCEEDIENDO A DE-
 TERMINAR SU CONTE-
 NIDO DE HUMEDAD

⑩ SE REPITEN LOS
 PUNTOS DEL UNO
 AL NUEVE DISMI-

⑪ CON LOS VALORES
 OBTENIDOS (Nº DE
 GOLPES Y CONTENI-
 DOS DE HUMEDAD)
 SE TRAZA LA CURVA
 DE FLUIDEZ EN UN RA-
 LLADO SEMI-LOGARIT-
 MICO.

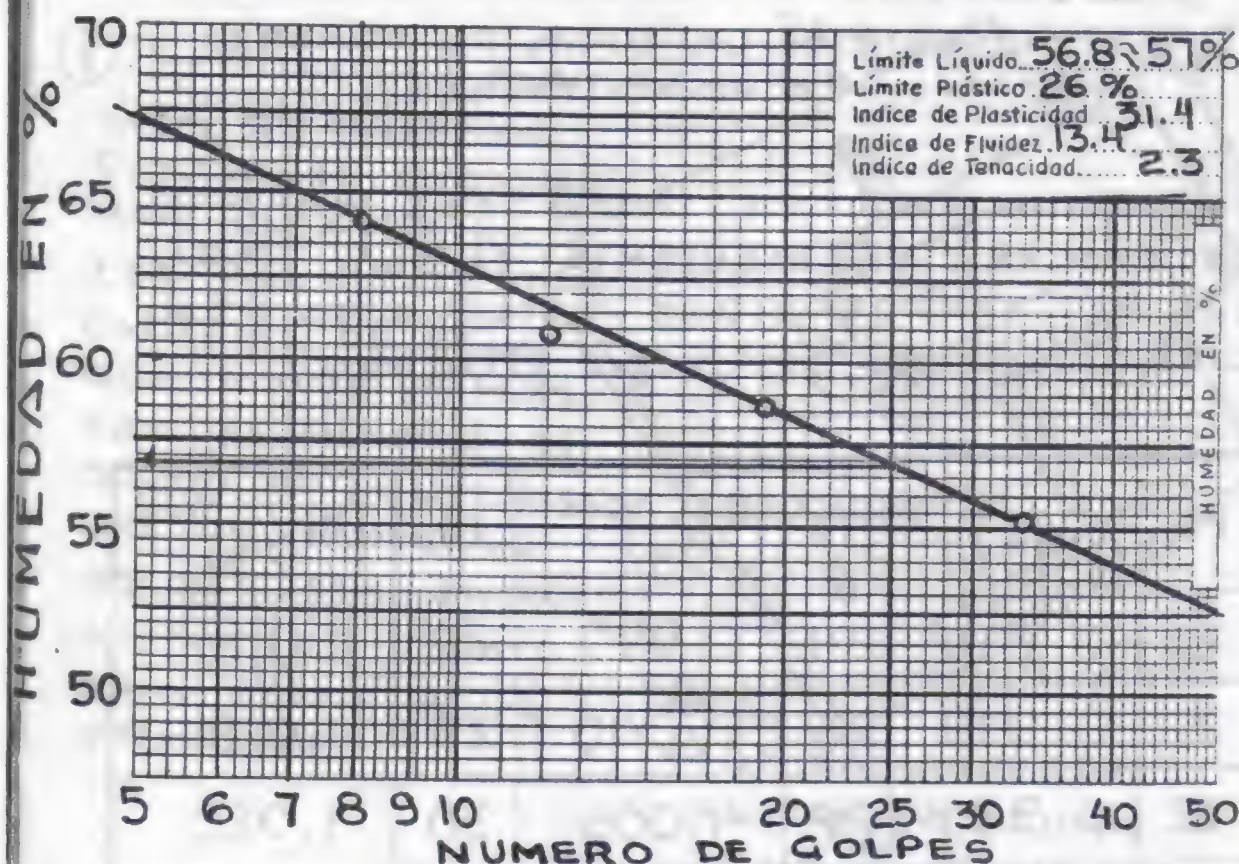
EL LIMITE LIQUIDO QUE
 DA DEFINIDO POR LA
 ORDENADA QUE INTER-
 SECTA LA ABSCISA
 DE 25 GOLPES CON
 LA CURVA DE FLUI-
 DEZ DEL SUELO ANA-
 LIZADO.

LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA -----
 BANCO ----- POZO ----- PROFUNDIDAD -----
 MUESTRA ----- EST. ----- FECHA -----

LIMITE LIQUIDO								LIMITE PLASTICO %						
TARA Nº	PESO TARA	TARA+MUEST HUMEDA	TARA+MUEST SECA	PESO AGUA	PESO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %	NUMERO DE GOLPES	TARA Nº	PESO TARA	TARA+MUEST HUMEDA	TARA+MUEST SECA	PESO AGUA	PESO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD %
X	57.21	75.03	68.69	6.34	11.47	55.3	33	L	16.00	19.29	18.62	0.66	2.61	25.6 %
Y	62.34	79.02	72.85	6.16	10.51	58.6	19	M	15.89	20.72	19.73	0.99	3.83	25.8 %
Z	64.06	78.46	73.02	5.44	8.95	60.9	12							26 %
P	63.00	80.52	73.66	6.85	10.66	64.3	8							

CLASIFICACION DEL MATERIAL



OPERADOR -----

METODO OPTATIVO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO CON UN SOLO PUNTO

ESTE PROCEDIMIENTO CONSISTE EN EMPLEAR LA FORMULA $LL = \omega_N \left(\frac{N}{25} \right)^{\tan \beta}$ EN LA QUE:

ω_N = CONTENIDO DE HUMEDAD CORRESPONDIENTE A N GOLPES.

N = NUMERO DE GOLPES NECESARIOS PARA QUE FALLE LA RANURA EN LA COPA DE CASAGRANDE

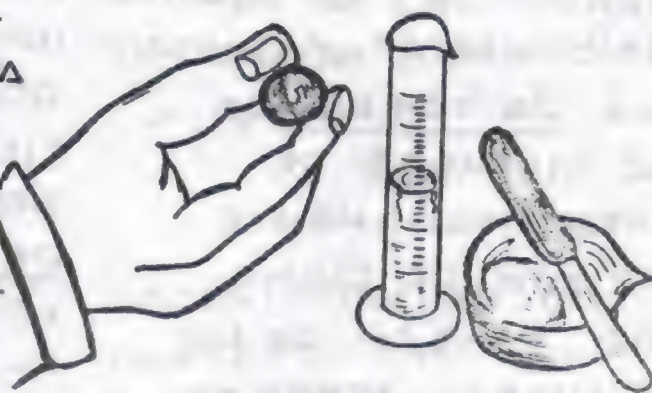
$\tan \beta$ = PENDIENTE DE LA CURVA DE FLUIDEZ (EN ESC. SEMI-LOGARITMICA).

EN FORMA PRACTICA $\tan \beta = 0.12$ PUDIENDOSE EMPLEAR LA SIGUIENTE TABLA PARA SUELOS COMPRENDIDOS ENTRE ESTA PENDIENTE Y DE 20 A 30 GOLPES.

N	$\left(\frac{N}{25} \right)^{0.12}$	N	$\left(\frac{N}{25} \right)^{0.12}$	N	$\left(\frac{N}{25} \right)^{0.12}$
20	0.974	24	0.995	28	1.014
21	0.979	25	1.000	29	1.018
22	0.985	26	1.005	30	1.022
23	0.990	27	1.009		

ENSAYE DE LIMITE PLASTICO

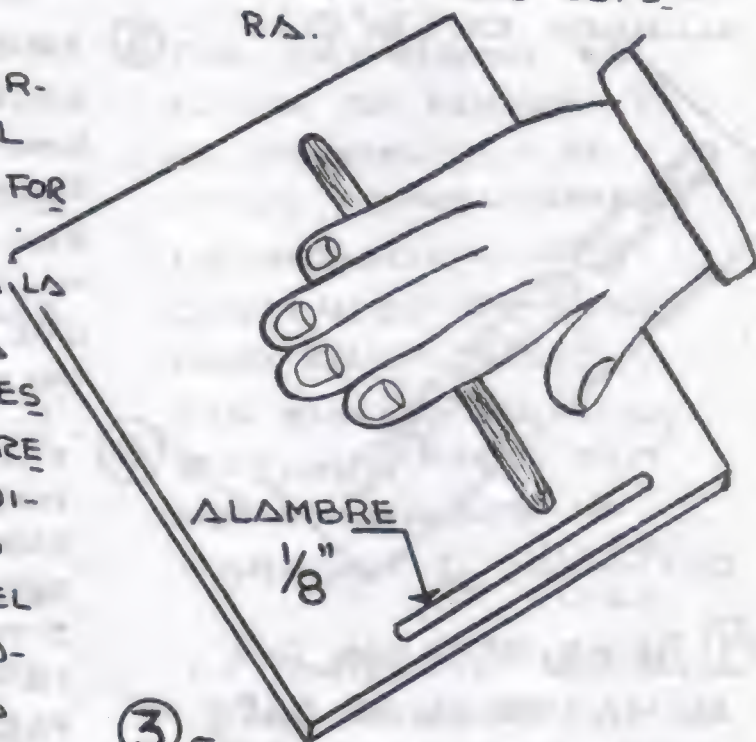
LA PREPARACION DEL MATERIAL SE EFECTUA DE MANERA SIMILAR AL DEL LIMITE LIQUIDO, POR LO TANTO ESTE SEGUNDO ESTUDIO PUEDE HACERSE SIMULTANEAMENTE



PROCEDIMIENTO

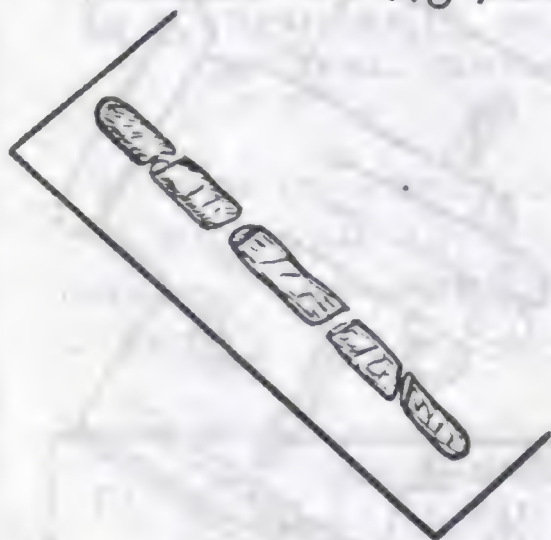
① SE TOMA UNA PORCION DE MATERIAL SUFICIENTE PARA FORMAR UN CUBO DE 1cm POR LADO (SILA CANTIDAD DE AGUA QUE POSEE LA MUESTRA ES NOTORIO REDUZCA SU CONTENIDO DE HUMEDAD YA SEA CON PAPEL SECANTE O DEJANDOLA SECAR A LA INTemperIE.

② CON LOS DEDOS SE FORMA UNA ESFERA.



③ SE ROLA LA ESFERA CON LA PALMA DE LA MANO Y SO-

BRE UNA PLACA DE VIDRIO LISO NO PULIDO HASTA ADOPTAR LA FORMA DE UN CILINDRO DE APROXIMADAMENTE 3.2 mm DE DIAMETRO Y 13 cm DE LARGO. (PARA ASEMEJAR ESTAS DIMENSIONES SE COMPARA CON UN ALAMBRE DE $(\frac{1}{8}" \phi)$).



- ④ SI SE OBSERVA QUE EL MATERIAL SE AGRIETA EN LAS DIMENSIONES FIJADAS Y QUEDA SEPARADO EN TRAMOS DE 1 cm DE

LARGO, SE DICE QUE EL MATERIAL EN ESE INSTANTE HA LLEGADO A SU LIMITE PLASTICO DETERMINANDOSE SU CONTENIDO DE HUMEDAD. EL VALOR OBTENIDO ES EL REPRESENTATIVO DEL MATERIAL. EN ESTUDIO.

- ⑤ EN EL CASO DE NO CUMPLIRSE LO ANTERIORMENTE EXPUESTO SE REPETIRA EL PROCESO REDUCIENDO HUMEDAD AL MATERIAL HASTA QUE SE CUMPLA LO ESPECIFICADO.
- ⑥ PARA CHECAR RESULTADOS SE REALIZAN 2 ENSAYES BIEN DEFINIDOS CON UNA PRECISION DE $\pm 2\%$, AUMENTANDO ESTE VALOR PARA SUELOS CON $LP < 20$

NOTA: CUANDO SE ENSAYAN SUELOS ORGANICOS EL ROLAMIENTO SE

HARA CON DEMASIADO CUIDADO PARA NO SUFRIR ROMPIMIENTOS PREMATUROS.

EN EL CASO DE SUELOS CON PLASTICIDAD EXCESIVA LA PRESION APLICADA PARA LA FORMACION DEL CILINDRO DEBERA SER RELATIVAMENTE MAYOR. SIN EMBARGO DE LOS RESULTADOS REGISTRADOS EN ESTOS SUELOS PUEDE OBSERVARSE QUE NO SE AGRIETAN EN EL LIMITE PLASTICO

INDICE DE PLASTICIDAD

CALCULO DEL INDICE DE PLASTICIDAD (I_p)

$$I_p = LL - LP$$

CON LOS VALORES DE I_p Y LL OBTENIDOS EN EL ENSAYE CLASIFIQUE EN LA CARTA DE PLASTICIDAD

EL SUELO ESTUDIADO.

CALCULO DE LA CONSISTENCIA RELATIVA (C_r)

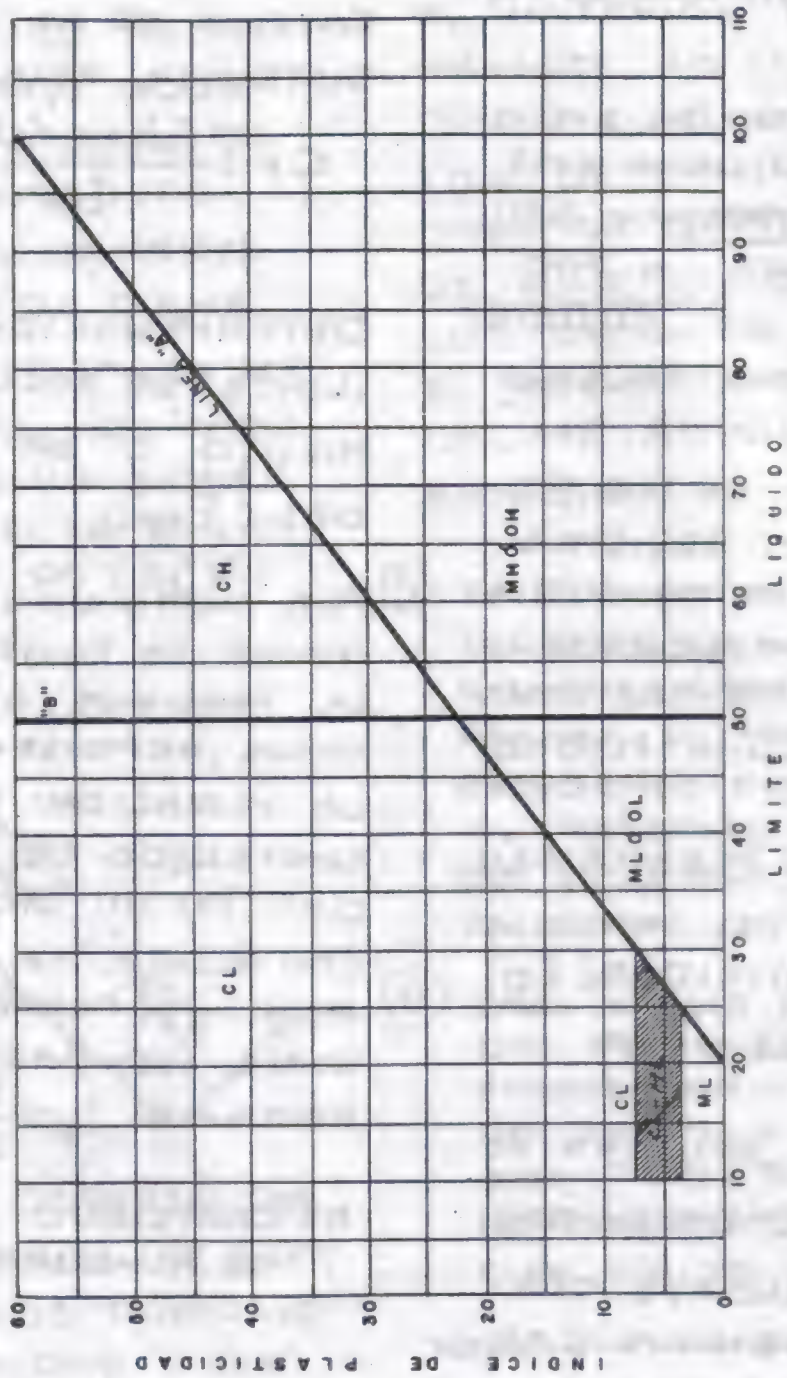
$$C_r = \frac{w_{LL} - w_{nat}}{I_p}$$

DETERMINACION DEL INDICE DE ESCURRIENTO O DE FLUIDEZ (F_w).

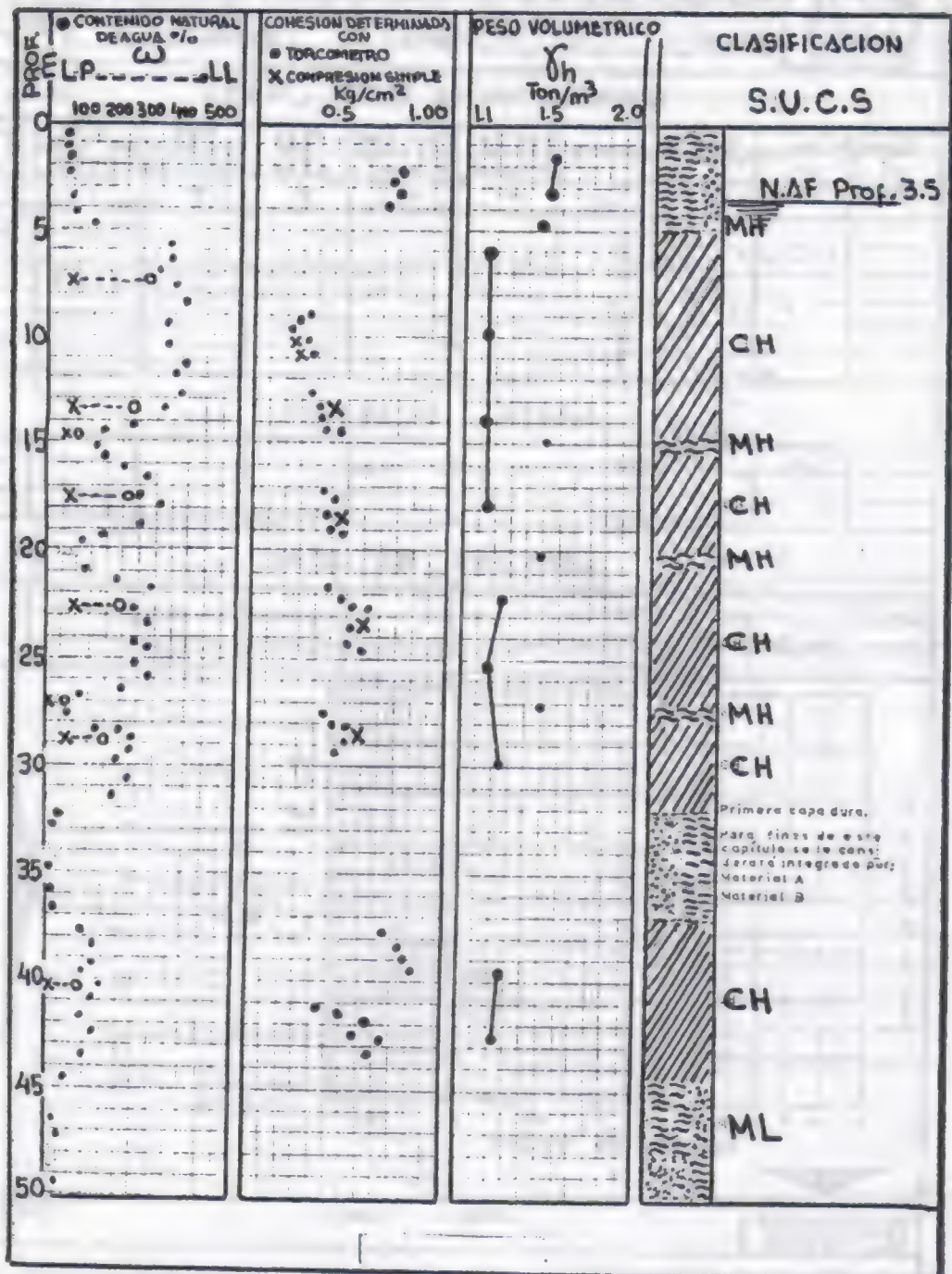
POR DEFINICION EL INDICE DE FLUIDEZ ES LA PENDIENTE A SU CURVA, REPRESENTANDO LA VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN UN CICLO. (EN ESCALA SEMI-LOGARITMICA). PUEDE OBTENERSE MEDIANTE LA FORMULA $I_F = \frac{h - LP}{LL - LP} \times 100$

h = CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD.

IPN
ESIA



RESULTADOS Y PRESENTACION



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS/N

ALUMNO _____ BOL _____

CURSO _____ GRUPO _____ CARRERA _____

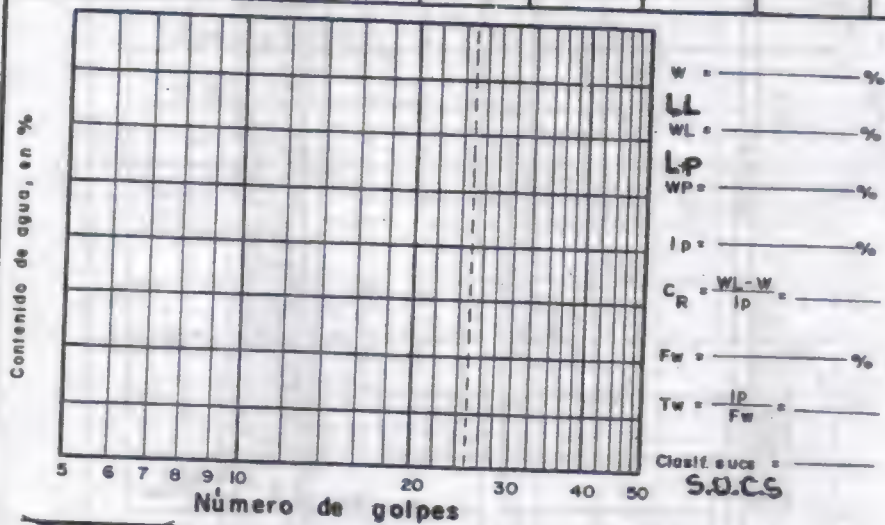
NUM

DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO

[illegible]

LIMITE PLASTICO

HUMEDAD NATURAL

[illegible]

RESULTADO

OBSERVACIONES
DEL PROFESOR.

FIRMA DEL ALUMNO

FECHA

CALIFICACION

FIRMA DEL PROFESOR

IPN
ESIA

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
INGENIERIA EXPERIMENTAL

N
U
M

LIMITE DE CONTRACCION VOLUMETRICA

Obra _____ Localizacion _____ Sondeo N° _____
Muestra _____ Profundidad _____

DENSIDAD DE SOLIDOS $S_s =$ _____ ESTIMADO _____ DETERMINADO _____
PESO MUESTRA SECA $W_s =$ _____ gr
ALTURA MEDIA DE LA PASTILLA, $h =$ _____ cm

NIVEL	CIRCUNFERENCIA (cm)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm²)
Superior			A_s
Medio			A_m
Inferior			A_i

VOLUMEN PASTILLA

$$V_p = \frac{h}{6} (A_s + 4A_m + A_i)$$

$$L.C. = 100 \left(\frac{Y_w V_m}{W_s} - \frac{1}{S_s} \right)$$

LIMITE DE CONTRACCION = _____ %

OBSERVACIONES
DEL ALUMNO

OBSERVACIONES
DEL PROFESOR

Alumno _____ Bol _____ Fecha _____

OBTENCION DEL IN-
DICE DE TENACIDAD
(T_w)

$$T_w = \frac{I_p}{F_w}$$

ENSAYE DE LIMITE
DE CONTRACCION

PROCEDIMIENTO.

EN ESTA PRUEBA DE
BE TENERSE COMO AN-
TECEDENTE EL VALOR
DE LA DENSIDAD DE
SOLIDOS (S_s)

① DE LA MUESTRA
EMPLEADA EN LOS
ENSAYES ANTERIO-
RES SE DEJA SECAR
HASTA QUE PRESEN-
TE UN CONTENIDO
DE AGUA CERCAÑO
AL LIMITE PLASTI-
CO.

② EMPLEE 2 RECIPIEN-
TES PARA EL ENSA-
YE Y CON ACEITE

DE SILICON O VASE-
LINA EMBARRE LA
PARTE INTERIOR DE
CADA UNO DE ELLOS

③ DEPOSITE LA MUES-
TRA EN CADA RECI-
PIENTE, PROCURANDO
QUE AL ENRASARLO
NO SE PRESENTEN
BURBUJAS DE AIRE.

④ EN EL CASO DE MUES-
TRAS INALTERADAS
EL ESPECIMEN SE
LABRA CUIDADOSA-
MENTE PROCURANDO
DESILIZARLO EN EL ANI-
LLO.

⑤ SE LLEVAN LAS MUES-
TRAS A UN CUARTO
HUMEDO DEJANDOSE
DESCUBIERTAS UN
TIEMPO DE 12 hr.

⑥ ENSEGUIDA SE DE-
JAN SECAR LAS
MUESTRAS A LA
INTERPERIE HAS-

TA QUE SE OBSER-
VE UN CAMBIO EN
SU COLOR.

- ⑦ POR ULTIMO SE SE-
CAN EN UN HORNO
(TEMP. CTE 105-110°C)
DURANTE 18HR. (EL
PROCEDIMIENTO EXPU-
ESTO TIENE LA FINA-
LIDAD DE IMPEDIR EL
AGRIETAMIENTO DE LA
MUESTRA AL TRANSCU-
RRIR EL SECADO).
- ⑧ SE COLOCA UN PE-
DAZO DE PAPEL LI-
JA EN UNA PLA-
CA DE VIDRIO ALI-
SANDOSE UNICA-
MENTE LA PARTE
SUPERIOR DE LA
PASTILLA DE SUE-
LO, DE MODO QUE
QUEDE PARALELA
A LA CARA INFE-
RIOR.
- ⑨ CON UN CALIBRADOR
(VERNIER) SE MIDE
LA ALTURA MEDIA (h)

Y EL DIAMETRO TO-
MANDO VARIAS LEC-
TURAS EN PUNTOS DI-
FERENTES. CON UNA
TIRA DE PAPEL O HILO
SE MARCAN LAS CIRCUN-
FERENCIAS, A LA MI-
TAD, EN LA PARTE
INFERIOR Y SUPERIOR
DETERMINANDOSE SUS
AREAS CORRESPON-
DIENTES.

- ⑩ DETERMINESE EL
PESO SECO DE LA
MUESTRA. (Ws).

- ⑪ EL VOLUMEN DE LA
PASTILLA SE OBTIE-
NE CON LA FORMU-
LA

$$V_p = \frac{h}{6} (\Delta_s + 4\Delta_c + \Delta_i)$$

V_p = VOLUMEN DE LA
PASTILLA.

Δ_s = AREA SUPERIOR

Δ_c = " CENTRAL

Δ_i = " INFERIOR

- ⑫ EL LIMITE DE CONTRACCION SE CALCULA CON LA FORMULA

$$L.C = \frac{\gamma_w V_m}{W_s} - \frac{1}{S_s}$$

EL LIMITE DE CONTRACCION SE DETERMINA TAMBIEN EN FORMA PRACTICA CONOCIENDO EL LIMITE PLASTICO Y EL INDICE DE PLASTICIDAD CONFORME A LA EXPRESION.

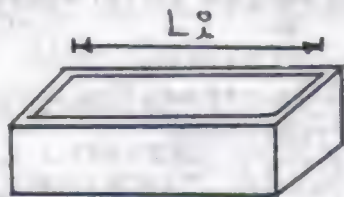
$$L.C = \frac{50 L_p}{50 + I_p}$$

ENSAYE DEL LIMITE DE CONTRACCION LINEAL

EL LIMITE DE CONTRACCION LINEAL ES UNA PRUEBA INVENTADA POR LOS INGENIEROS DE LA SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS (S.O.P).

PROCEDIMIENTO

- ① SE DETERMINA LA LONGITUD DEL MOLDE RECTANGULAR METALICO. (APROX. 10 CM).



- ② EL MATERIAL EN ESTUDIO DEBE TENER UN CONTENIDO DE HUMEDAD CORRESPONDIENTE AL LIMITE LIQUIDO

A.I.M.C

- ③ SE DEPOSITA EL MATERIAL EN EL MOLDE ENRASANDOLO CON UNA ESPATULA Y SE LE DAN UNOS GOLPES, CON EL OBJETO DE ELIMINAR LOS BURBUJAS QUE QUEDARON ATRAPADAS, OBTENIENDO A LA VEZ UN MEJOR ACOMODAMIENTO DE PARTICULAS.

- ④ INTRODUCIR LA MUESTRA EN UN HORNO ELECTRICO A UNA TEMPERATURA DE 105°C, DURANTE UN TIEMPO MINIMO DE 12 HR.

- ⑤ SE EXTRA LA MUESTRA DEL HORNO Y SE MIDE SU LONGITUD (L_f).

EL LIMITE DE CONTRACCION LINEAL SE CALCULA CON LA EXPRESION.

$$L.C = \frac{L_i - L_f}{L_i} \times 100$$

$L.C$ = Limite de contraccion lineal
 L_i = Longitud inicial.
 L_f = Longitud final.

PARA SABER SI LA CONTRACCION LINEAL ESTUVO BIEN REALIZADA. EL $I_p = 2.5$ A 3 (C.L)

OBSERVACIONES Y POSIBLES ERRORES QUE PUEDEN COMETERSE EN EL ENSAYE.

1. EQUIPO INADECUADO Y DESGASTADO.
2. QUE LA MUESTRA EN ESTUDIO NO SE ENCUENTRE CON HUMEDAD UNIFORME.
3. ENRASE INDEBIDO EN LA OPA, POR OTRA PARTE SE TIENE QUE LA PRESION APLICADA AL EN-

PASAR EL MATERIAL EN LA COPA, PUEDE SER DIFERENTE OCASIONANDO UN MAYOR O MENOR ACOMODAMIENTO. ESTO TRAE COMO CONSECUENCIA DISCREPANCIAS EN EL NUMERO DE GOLPES.

4.- MALA SINCRONIZACION AL ESTAR EFECTUANDO LOS GOLPES EN LA COPA.

5.- EN EL CASO DE QUE LOS SUELOS EN ESTUDIO CONTENGAN CIERTA CANTIDAD DE ARENA, FACILITARA EL DESLIZAMIENTO EN LA SUPERFICIE DE LA COPA UNIENDO LA RANURA DE 2mm. MAS RAPIDO. POR LO TANTO, RESULTA INADECUADO A LO ESPECIFICADO

6.- QUE LA MUESTRA REPRESENTATIVA NO SE ENCUENTRE DEBIDAMENTE PROTEGIDA, PUEDIENDO OCASIONAR PERDIDA DE MATERIAL, TANTO EN EL LIMITE LIQUIDO COMO EN EL PLASTICO.

7.- QUE NO SE JUSTIFIQUE PARA CADA ENSAYE EL MISMO NUMERO DE GOLPES AL REALIZAR UN 2º ENSAYE. ESTO PUEDE DAR INDICIOS DE CARACTERISTICAS ANORMALES EN EL MATERIAL.

8.- EQUIVOCACION EN EL NO DE GOLPES

9.- MUESTRAS QUE NO LLEGAN A UN AGRIETAMIENTO COMPLETO EN LA DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO.

10.- PRESENCIA DE BURBUJAS DE AIRE EN EL INTERIOR DE LA MUESTRA, DURANTE EL ENSAYE DEL LIMITE DE CONTRACCION.

LOS ENSAYES QUE SE LLEVAN A CABO PARA DETERMINAR LOS LIMITES DE ATTERBERG, SON NECESARIOS PARA PODER CLASIFICAR A LOS SUELOS, ADEMAS DE PENDIENDO DEL LUGAR DONDE SE ENCUENTREN EN LA CARTA DE PLASTICIDAD, NOS PUEDEN DAR INDICIOS EN FORMA CUALITATIVA DE LA RESISTENCIA DEL MATERIAL, ASI COMO DE SU DEFORMABILIDAD. ESTO SE JUSTIFICA DEBIDO A QUE LOS VALORES OBTENIDOS QUEDAN EXPRESADOS EN CONTENIDOS DE HUMEDAD.

OBSERVACIONES Y APLICACIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS.

a).- LA CURVA DE FLUIDEZ NOS INDICA EN FORMA CUALITATIVA LA RESISTENCIA QUE TIENE EL MATERIAL EN EL LIMITE PLASTICO, O SEA DEPENDIENDO DE LA PENDIENTE QUE ADOpte LA CURVA, PIVOTANDO EN EL LIMITE LIQUIDO, SE TENDRAN SUELOS CON MENOR RESISTENCIA EN EL LIMITE PLASTICO, A MEDIDA QUE LA PENDIENTE SEA MAYOR, EN CAMBIO CUANDO LA PENDIENTE ES CADA VEZ MENOR LOS SUELOS SON MAS RESISTENTES EN EL LIMITE PLASTICO O SEA :

SI LA PENDIENTE SUBE, LA TENSIÓN BAJA Y EL MATERIAL SE AGRIETA MAS, POR LO QUE LA RESISTENCIA ES BAJA.

SI LA PENDIENTE BAJA, LA TENSIÓN SE INCREMENTA Y EL MATERIAL SE AGRIETA MENOS, POR LO TANTO LA RESISTENCIA AUMENTA.

POR LO ANTERIOR LA RESISTENCIA DE LA ARCILLA EN EL LIMITE PLASTICO ES UNA MEDIDA DE LA TENACIDAD, LA CUAL SE PUEDE DETERMINAR CUALITATIVAMENTE MEDIANTE SU INDICE DE TENACIDAD. ESTOS VALORES SON DE GRAN UTILIDAD AL EXPLORAR LOS BANCOS DE MATERIAL.

EL INDICE DE TENACIDAD SE ENCUENTRA COMPRENDIDO ENTRE 1 y 3

- b) CUANDO SE TIENE CONOCIMIENTO DE QUE EL MATERIAL ESTUDIADO SE ENCUENTRA NORMALMENTE CONSOLIDADO, CON EL VALOR DEL LIMITE LIQUIDO SE PUEDE CALCULAR EN FORMA ACEPTABLE EL ASENTAMIENTO PROBABLE QUE PUEDE SUFRIR UNA ESTRUCTURA, SIN HACER PRUEBAS DE CONSOLIDACION CONFORME A LA EXPRESION.

$$\lambda = H \frac{C_c}{1+e_0} \lg_{10} \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$$

$$C_c = 0.009 (LL - 10)$$

C_c = Indice de compresibilidad

- c) EN EL CUERPO DEL TERRAPLEN Y EN LA SUB-RASANTE NO DEBEN USARSE MATERIALES CON $LL > 100\%$

ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS MATERIALES EN BASE AL LIMITE DE CONTRACCION LINEAL

SUB-BASE	BASE	CARPETA ASFALTICA
4	2	> 2
4.5	3	
6.5	4.5	

MATERIAL: ARCILLA DE ALTA COMPRESIBILIDAD
(CON CARACTERISTICAS DE EXPANSIBILIDAD)

CAMINOS

EN EL USO DE CONSTRUIR CAMINOS CON ESTE TIPO DE MATERIAL, RESULTA INDESEABLE, PUES SUS CARACTERISTICAS DE PLASTICIDAD IMPIDEN UNA COMPACTACION ADECUADA.

LAS SOLUCIONES ADOPTADAS SON:

1. CONSTRUIR UN PEDRAPLEN, SI ES QUE NO SE CUENTA CON OTRO MATERIAL.
2. SATURAR EL MATERIAL HASTA LOGRAR SU MAXIMA EXPANSION, COLOCANDO ENSEGUIDA UNA CAPA DE MATERIAL IMPERMEABLE

TALUDES

CUANDO EL MATERIAL SE ENCUENTRA EN ESTADO HUMEDO GARANTIZA SU ESTABILIDAD, SIN EMBARGO, CUANDO SE SECA PRESENTA AGRIETAMIENTOS, TRAYENDO COMO CONSECUENCIA DERRUMBES EN LOS CAMINOS.

PRESAS FLEXIBLES

SI EL MATERIAL EN ESTUDIO SE ENCUENTRA EN LA CIMENTACION

DE UNA PRESA, HABRÁ QUE EXPLORAR HASTA VERIFICAR SU ESPESOR.

UN ASPECTO IMPORTANTE EN EL MATERIAL (ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD) ES SU DEFORMABILIDAD, SUFRIENDO ASENTAMIENTOS NOTABLES Y ADemás SU BAJA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE

PRODUCIDA EN LA CIMENTACIÓN UNA BAJA CAPACIDAD DE CARGA. ESTO OCASIONARÁ UN ESTUDIO MINUCIOSO DE 2 A 3 VECES LA BASE DE LA CIMENTACIÓN COMO PROFUNDIDAD MÍNIMA.

EN EL CASO DE QUE ESTE MATERIAL SE COLOQUE EN LA CORTINA DE UNA PRESA, DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPRESIBILIDAD Y EXPANSIBILIDAD, SE DEBERÁ TENER CUIDADO DE PROTEGER DEBIDAMENTE LA CORONA, YA QUE EN ESTE LUGAR SE REGISTRA LA MAYOR PARTE DE LAS DEFORMACIONES.

CANALES

EL ESTUDIO DE CANALES EN LO REFERENTE A LA PLASTICIDAD DEL MATERIAL PRÁCTICAMENTE AYUDA A IMPEDIR EL FLUJO DEL AGUA,

PERO EN LO QUE RESPECTA A EXPANSIBILIDAD SE RECOMIENDA EN SUBSTITUIRLO. SI ES QUE SE VA A COLOCAR ESTRUCTURA IMPERMEABLE.

TUNELES

EN EL CASO DE CONSTRUIR TUNELES A TRAVÉS DE ESTE TIPO DE MATERIAL, LA FORMA DE ATACARLO SERÁ A BASE DE UN ESCUDO Y AIRE COMPRIMIDO

ESTRUCTURAS URBANAS

SI EL PESO DE LA ESTRUCTURA POR CONSTRUIR ES CONSIDERABLE, OBLIGARÁ AL PROYECTISTA A PENSAR EN UNA CIMENTACIÓN COMPENSADA O PROFUNDA A BASE DE PILAS O PILOTES.

EN SAYE



PESO ESPECIFICO RELATIVO O DENSIDAD DE SOLIDOS

INTRODUCCION. EL PESO ESPECIFICO RELATIVO ES UNA PROPIEDAD INDICE QUE DEBE DETERMINARSE A TODOS LOS SUELOS, DEBIDO A QUE ESTE VALOR INTERVIENE EN LA MAYOR PARTE DE LOS CALCULOS RELACIONADOS CON LA MECANICA DE SUELOS, EN FORMA RELATIVA, CON LOS DIVERSOS VALORES DETERMINADOS EN EL LABORATORIO, PUEDEN CLASIFICARSE ALGUNOS MATERIALES.

GENERALMENTE LA VARIACION DE LA DENSIDAD DE SOLIDOS ES DE 2.60 A 2.80, AUNQUE EXISTEN EXCEPCIONES COMO EN EL CASO DE LA TURBA EN LA QUE SE HAN REGISTRADO VALORES DE 1.5 Y AUN MENORES, DEBIDO A LA PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA. EN CAMBIO EN SUELOS CON CIERTA CANTIDAD DE MINERALES DE HIERRO LA DENSIDAD DE SOLIDOS HA LLEGADO A 3.

CON LA DENSIDAD DE SOLIDOS (S_s), EL CONTENIDO DE HUMEDAD (W) Y EL PESO VOLUMETRICO NATURAL (ρ_m) SE PUEDE CALCULAR CUALQUIER RELACION GRAVIMETRICA Y VOLUMETRICA QUE SE DESEE, TOMANDO EN CUENTA EL ESTADO DEL MATERIAL (SECO, PARCIALMENTE SATURADO, SATURADO)

- OBJETIVOS.
- a).- OBTENER UNA CURVA DE CALIBRACION REPRESENTATIVA DE UN MATRAZ AFORADO.
 - b).- DETERMINAR LA DENSIDAD DE SOLIDOS, EN SUELOS FINOS (COHESIVOS Y SIN COHESION).
 - c).- DETERMINAR LA DENSIDAD EN SUELOS GRANULOSOS (GRAVAS)
 - d).- COMPROBAR LOS RANGOS DE VARIACION EN CADA PROCEDIMIENTO.

DEFINICION: LA DENSIDAD DE SOLIDOS SE DEFINE COMO LA RELACION QUE EXISTE ENTRE EL PESO DE DE LOS SOLIDOS Y EL PESO DEL VOLUMEN DEL AGUA DESALOJADO POR LOS MISMOS.

S_s = DENSIDAD DE SOLIDOS

$$S_s = \frac{W_s}{V_s} = \frac{W_s}{W_s + W_{mwf} - W_{mufs}}$$

W_s : PESO DE LOS SOLIDOS

V_s : VOLUMEN DE LOS SOLIDOS

W_{mwf} : PESO DEL MATRAZ AFORADO

W_{mufs} : PESO DEL MATRAZ AFORADO CON SOLIDOS.

SE ENTIENDE POR MATERIAL SOLIDO TODO -
AQUEL QUE HA PASADO ATRAVES DE LA MA-
LLA N° 40.

EQUIPO : 1.- BALANZA DE TORSION O ELECTRICA

2.- MATRAZ AFORADO, DE 500 cm³ DE CAPACIDAD.

3.- TERMOMETRO DE 0° A 100° C, GRADUADO EN 0.1 DE GRADO.

4.- VASO DE PRECIPITADOS DE 400 cm³.

5.- PROBETA GRADUADA DE 500 cm³

6.- PIPETA O GOTERO

7.- SOLUCION PARA DISOLVER GRASAS (MEZCLA CROMICA).

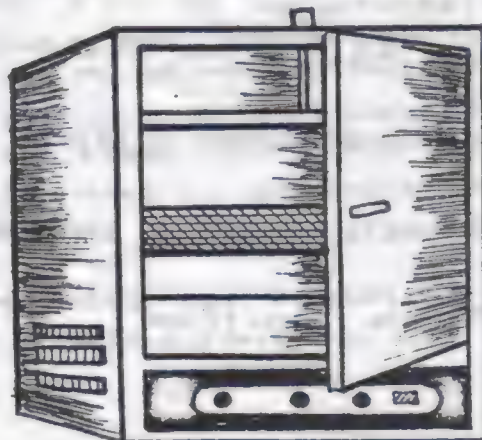
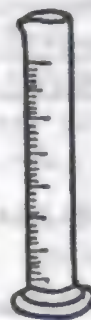
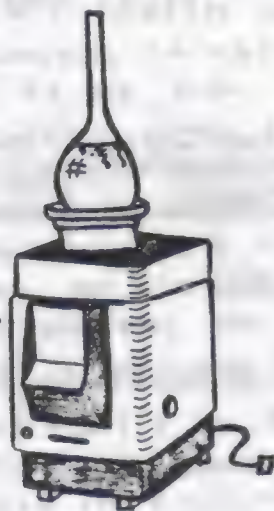
8.- ALCOHOL DE 96°

9.- PARRILLA ELECTRICA

10.- TROMPA DE VACIOS O BOMBA DE VACIOS

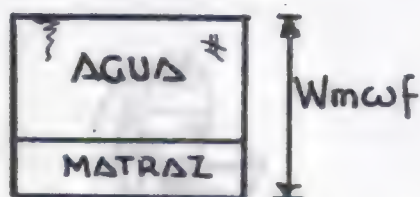
11.- HORNO , TEMPERATURA (105° - 110°C)

12.- AGITADOR MECANICO.



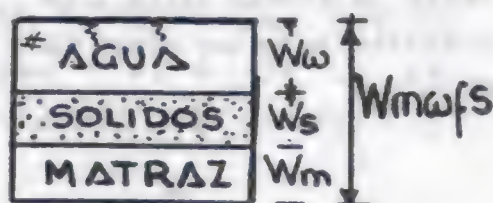
DEDUCCION DE LA FORMULA PARA OBTENER LA DENSIDAD DE SOLIDOS.

LA DENSIDAD DE SOLIDOS SE DETERMINA EN EL LABORATORIO MEDIANTE UN MATRAZ (PREVIAMENTE CALIBRADO), EL CUAL SE LLENA CON AGUA DESTILADA HASTA SU MARCA DE AFORO Y POSTERIORMENTE CON AGUA DESTILADA Y SOLIDOS. CON LA FINALIDAD DE OBTENER UN VALOR REPRESENTATIVO, SE PROCEDE A ELIMINAR EL AIRE ATRAPADO ENTRE LAS PARTICULAS DE SUELO, YA SEA POR EBULLISION O EXPONRIENDO LA SUSPENSION AL VACIO. PARA OBTENER LA DENSIDAD DE SOLIDOS SE DEBE TRABAJAR EN AMBOS CASOS CON LA MISMA TEMPERATURA. EN FORMA ESQUEMATICA SE TIENE:



(1)

Matraz con agua destilada hasta su marca de aforo.



(2)

Matraz con agua destilada y solidos hasta su marca de aforo.

W_m = Peso neto del matraz.
 W_s = Peso de los solidos.
 W_w = Peso del agua.

W_{wDS} = Peso del agua desplazada por los solidos
 W_{mwf} = Peso del matraz aforado con agua.
 W_{mwfS} = Peso del matraz aforado con agua y solidos.

RESTANDO (2)-(1)

$$W_{mwfS} - W_{mwf} = W_s - W_{wDS} \quad (3)$$

$$W_{wDS} = V_s$$

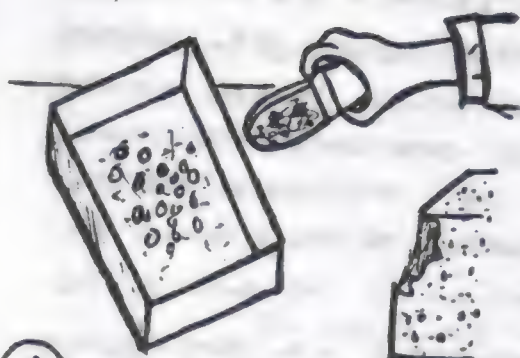
$$S_s = \frac{W_s}{V_s} \% \therefore V_s \% = \frac{W_s}{S_s} = W_{wDS} \quad (5)$$

Sust. (5) en (3)

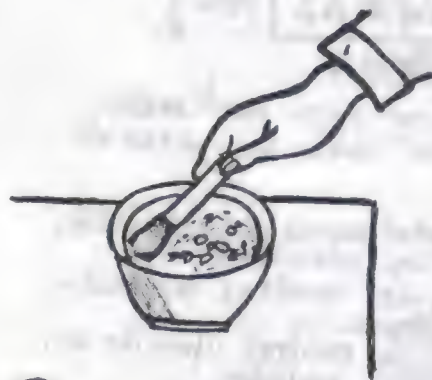
$$W_{mwfS} - W_{mwf} = W_s - \frac{W_s}{S_s}$$

$$S_s = \frac{W_s}{W_{mwf} + W_s - W_{mwfS}}$$

PREPARACION DE LA MUESTRA SUELOS COHESIVOS



① DE LA MUESTRA TRAIDA - DEL CAMPO, SE TOMA UNA PORCION REPRESENTATIVA, LA CUAL SE VACIA EN UNA CHAROLA O RECIPIENTE DEJANDOSE SECAR A LA INTemperIE O EN UN HORNO ELECTRICo.



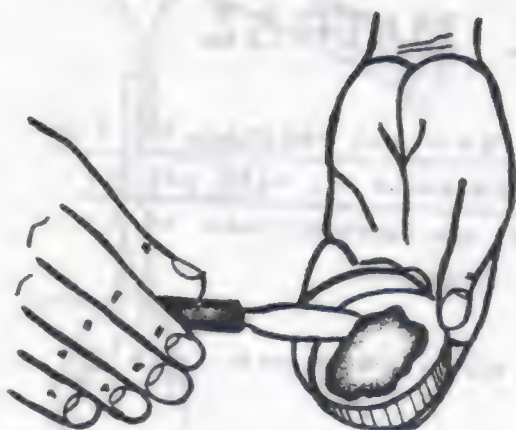
② CUANDO EL MATERIAL SE ENCUENTRA SECO SE PROCEDE A DISAGREGARLO EN UN MORTERO



③ LA MUESTRA QUE HA SIDO DISGREGADA SE CRIBA POR LA MALLA N° 40.



④ APROXIMADAMENTE SE PESAN 60 gr. DE MATERIAL.



- 5 DEPOSITE EN UNA CAPSULA LA MUESTRA MEZCLANDOLA CON AGUA DESTILADA HASTA FORMAR UNA PASTA UNIFORME.



- 6 EN SEGUIDA LA PASTA SE VACIA EN UN MEZCLADOR MECANICO (BATIDORA) PROCEEDIENDO

A. I. M. C.

A INCREMENTAR AGUA DESTILADA, HASTA FORMAR UNA SUSPENSION APROXIMADAMENTE DE 250 CM³ (LA MEZCLA DEBE AGITARSE DURANTE UN TIEMPO DE 15 MINUTOS).

PREPARACION DE LA MUESTRA EN SUELOS FRICCIONANTES.

SE REPITEN LOS PUNTOS DEL 1 AL 4 DE LO ANTERIORMENTE EXPUESTO.

CALIBRACION DEL MATRAZ

SE ENTIENDE POR CALIBRAR UN MATRAZ AL PROCESO DE ELABORAR UNA GRAFICA QUE NOS PERMITA OBTENER EL PESO DEL MATRAZ A DIVERSAS TEMPERATURAS, PARA LA CONSTRUCCION DE LA MISMA SE PROCEDE DE LA SIGUIENTE MANERA.

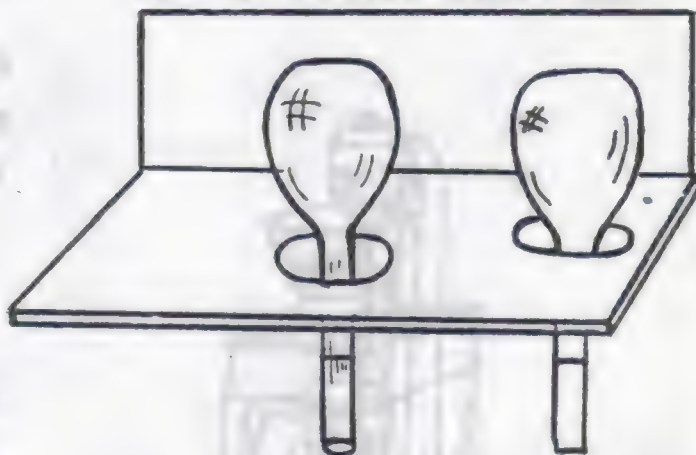
- (a) LIMPIEZA DEL MATRAZ, LAVE EL MATRAZ CON AGUA Y DETERGENTE.



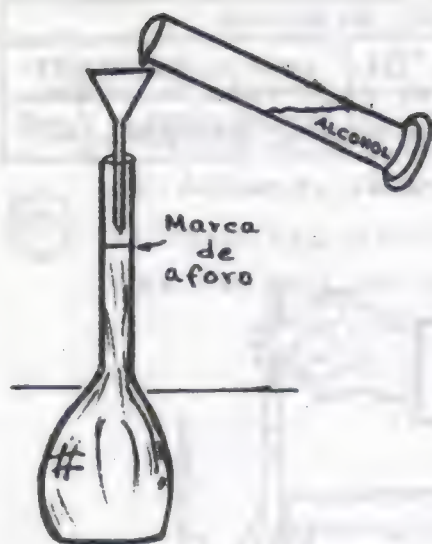
- (b) AGREGUE CIERTA CANTIDAD DE SOLUCION CROMICA (MEZCLA FORMADA CON DICROMATO DE POTACIO 60 gr), ACIDO SULFURICO 460 cm³ y 300 cm³ DE AGUA DESTILADA.

PUEDEN EMPLEARSE OTROS SOLVENTES TALES COMO ALCOHOL, ACETONA, ACIDO CLORHIDRICO DILUIDO, EL TIEMPO QUE SEAN NECESARIO CON EL OBJETO DE DISOLVER TODAS LAS GRASAS E IMPUREZAS ADHERIDAS EN SU INTERIOR.

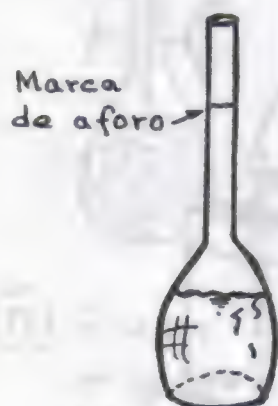
- (c) ENJUAQUE EL MATRAZ CON AGUA DESTILADA HASTA ELIMINAR LA SOLUCION CROMICA.



- (d) ESCURRA EL MATRAZ BOCA ABAJO.

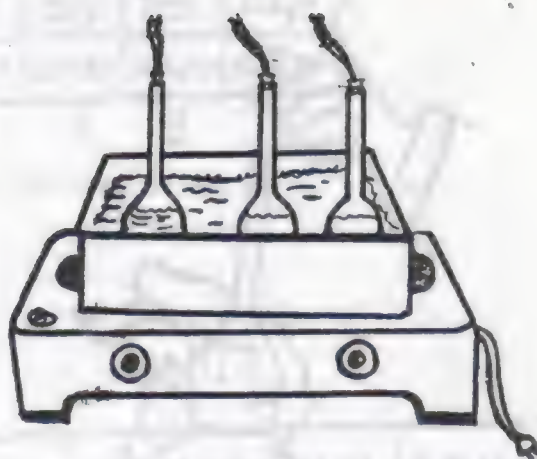


e VOLTEE EL MATRAZ Y LAVESE SU INTERIOR CON ALCOHOL INDUSTRIAL O ETER LOGRANDO ASI ELIMINAR EN FORMA RAPIDA EL AGUA ADHERIDA EN LAS PAREDES DEL MISMO.

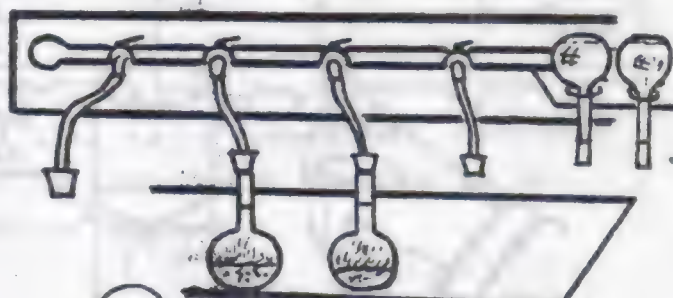


f AGREGUE 400 ML. DE AGUA DESTILADA AL MATRAZ.

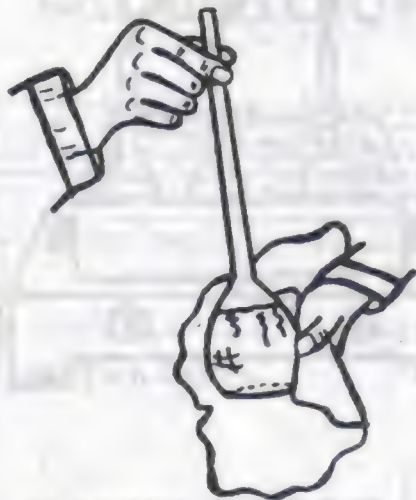
A.E.M.C



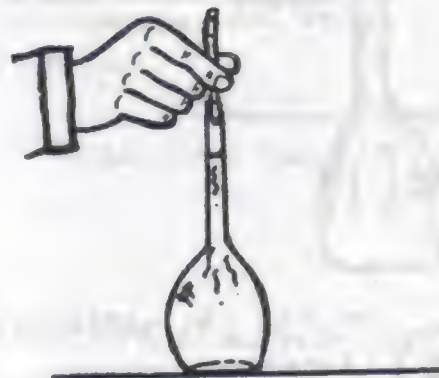
g POR BAÑO MARIA (EN GLICERINA REBAJADA) SE ELIMINA EL AIRE CONTENIDO EN EL MATRAZ, DURANTE 10 MINUTOS.



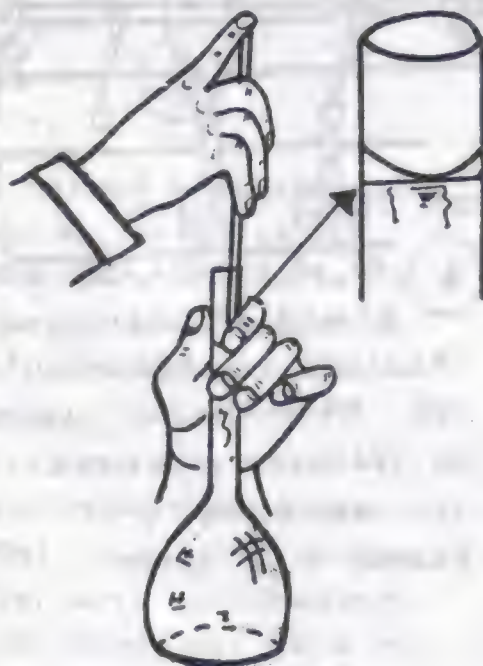
h SI SE CUENTA CON UNA BOMBA DE VACIOS SE REALIZA LA OPERACION DE DESAERADO, LOGRANDO TRABAJAR A TEMPERATURAS MENORES Y EN UNA FORMA MAS RAPIDA.



- i** EL MATRAZ SE SACA DEL BAÑO "MARIA" Y SU PARTE EXTERIOR SE LIMPIA PERFECTAMENTE.



- R** SEQUE CON UN PAPEL ABSORBENTE EL INTERIOR DEL CUELLO HASTA LA SUPERFICIE DEL AGUA SIN TOCARLA.



- j** ENRABE EL MATRAZ HASTA SU MARCA DE AFORO CON AGUA DESTILADA, MEDIANTE LA



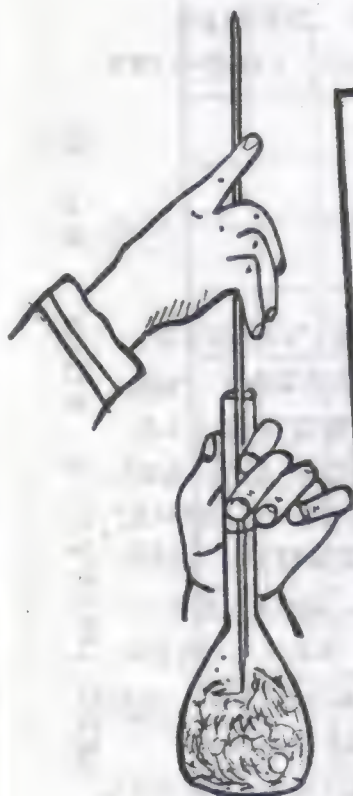
- k** PESE EL MATRAZ AFORADO (CON APROXIMACION DE 0.01 gr.).

DATOS DE CALIBRACION DE MATRAZ						
TEMPERATURA PROM.	18°	26°	30°	36°	39°	44°
PESO MATRAZ AFORADO	624,55	623,87	623,05	622,40	621,70	620,78

6 5 4 3 2 1°

(m)

EL PESO DEL MATRAZ AFORADO SE ANOTA EN EL REGISTRO QUE SE INDICA.



PESO MATRAZ AFORADO	TEMP. INFERIOR	TEMP. MEDIA	TEMP. SUP.	TEMP. PROM.
624.55	18.2	17.9	17.8	18°C
623.87				26°C
623.05				30°C
622.40				36°C
621.70				39°C

(o)

EL VALOR DE LA TEMPERATURA PROMEDIO (°C) SE ANOTA EN EL REGISTRO DE CALIBRACION DE MATRAZ.

(n)

TOME 3 TEMPERATURAS; EN LA PARTE INFERIOR, MEDIA Y SUPERIOR (LA TEMPERATURA FINAL SERA EL PROMEDIO DE LAS 3).

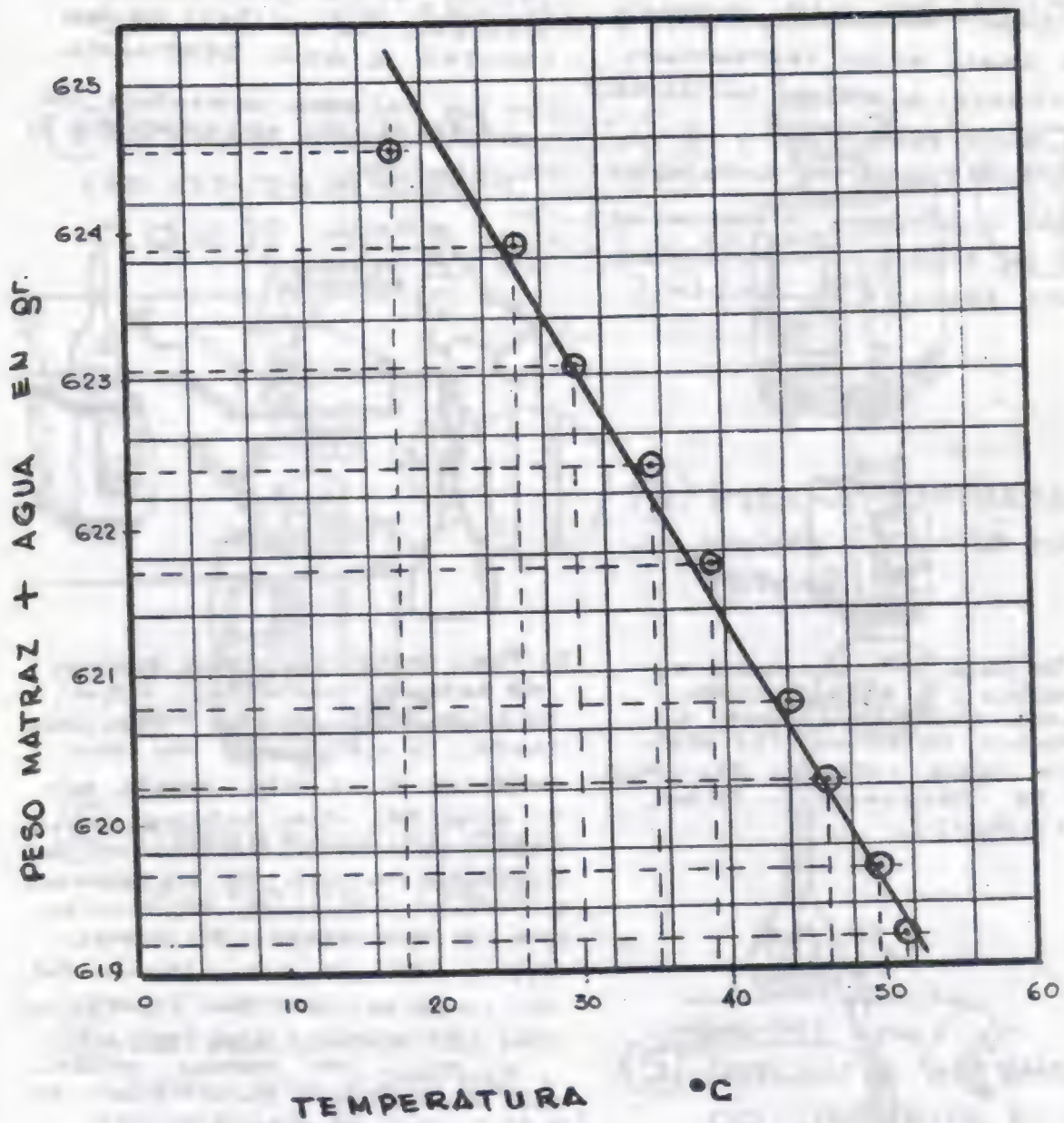


(r) EN FORMA SUCE-
SIVA TOME DIFEREN-
TES TEMPERATURAS
HASTA BAJAR A 15°C
O 30°C .
ESTA ÚLTIMA TEMPE-
RATURA DEBIDA
AL MEDIO AMBIENTE.

(p) SE DEJA ENFRIAR
EL MATRAZ HASTA
QUE SU TEMPERATURA
DISMINUYA APROXIMA-
DAMENTE 5°C , TRAYEN-
DO COMO CONSECUEN-
CIA UN NIVEL INFERIOR
AL DE LA MARCA DE
AFORO; ESTO SE DE-
BE AL INDICE DE CON-
TRACCION DEL AGUA.

(s) CON LOS VALORES
REGISTRADOS SE
CONSTRUYE LA
CURVA DE CALIBRA-
CION DEL MATRAZ,
PROCURANDO ES-
COGER UNA ES-
CALA ADECUADA
QUE PERMITA IDEN-
TIFICAR CON
PRECISION PESOS
Y TEMPERATU-
RAS.

(q) NUEVAMENTE SE
AFORA EL MATRAZ
REPITIENDO LOS
PASOS: j, k, l,
m, n, o, p



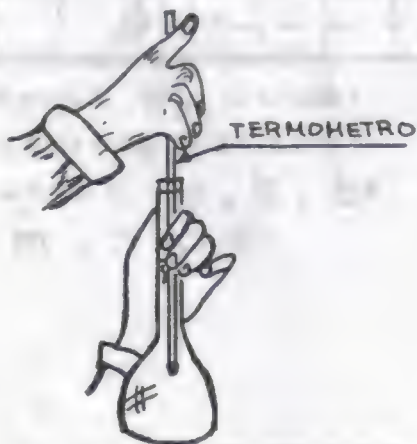
METODO PRACTICO PARA CALIBRAR EL MATRAZ

ESTE PROCEDIMIENTO, SE LLEVA A CABO EN FORMA INVERSA AL METODO TRADICIONAL O SEA, SE PARTE DE LA TEMPERATURA AMBIENTE A LA QUE SE ENCUENTRA EL AGUA DESTILADA Y SE VA INCREMENTANDO LA TEMPERATURA

NOTA: SI SE DESEA PUEDE INICIAR SE EL ENSAYE A UNA TEMPERATURA MAYOR A LA AMBIENTE.



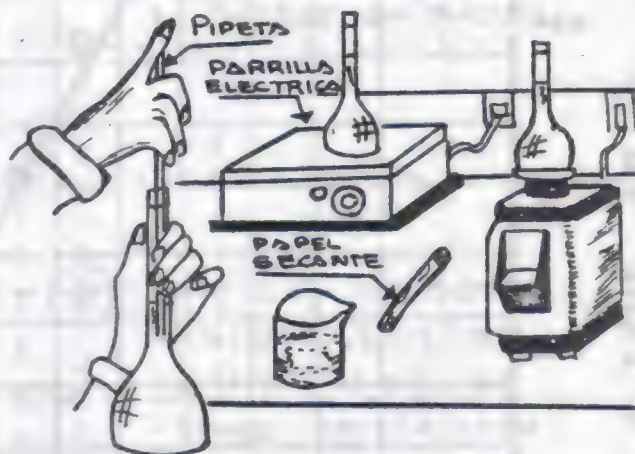
1º SE LAVA PERFECTAMENTE EL MATRAZ Y SE LLENA CON AGUA DESTILADA HASTA SU MARCA DE AFORO. SE SECA LA PARTE INTERIOR DEL CUELLO Y SE DETERMINA SU PESO. (Wmwf).



2º DETERMINE SU TEMPERATURA. EN ESTE CASO BASTARÁ CON

UNA LECTURA, YA QUE SE PARTIO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE A LA QUE SE ENCUENTRA EL AGUA DESTILADA.

CON LOS VALORES OBTENIDOS SE TIENE UN PUNTO EN LA CURVA DE CALIBRACION.



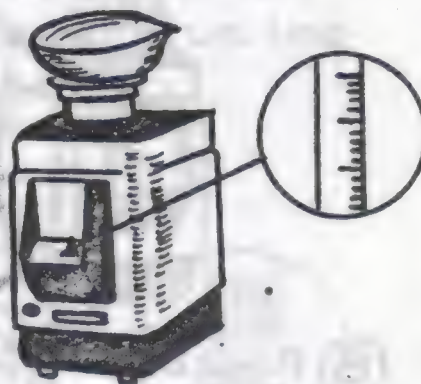
3- PARA DETERMINAR MAS PUNTOS SE EXTRAEN DEL MATRAZ 0,5 ml DE AGUA (MEDIANTE UNA PIPETA GRADUADA) Y SE COLOCA EN UNA PARRILLA ELECTRICA HASTA QUE EL NIVEL DEL AGUA LLEGUE A LA MARCA DE AFORO. ENSEGUIDA SE QUITA EL MATRAZ DE LA PARRILLA E INSTANTANEAMENTE SE SECA EL CUELLO, SE PESA Y SE TOMAN LAS 3 TEMPERATURAS (EN LA PARTE INFERIOR, CENTRAL Y SUPERIOR) CON LA TEMPERATURA PROMEDIO Y EL PESO DEL MATRAZ AFORADO SE OBTIENE EL 2º PUNTO EN LA CURVA DE CALIBRACION.

SE REPITE LA MISMA SECUENCIA HASTA LLEGAR A UNA TEMPERATURA DE 50°C

DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE SOLIDOS EN SUELOS FINOS SIN COHESION

- ① LIMPIEZA DEL MATRAZ
(SE REPITEN LOS PASOS a, b,
c, d, e)

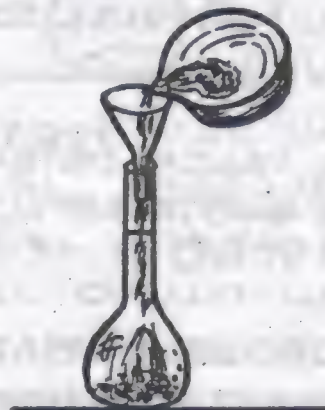
- Objetivo
- Alcanzar
- Introdúcir
- Antecedentes
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones
- Referencias Bibliográficas



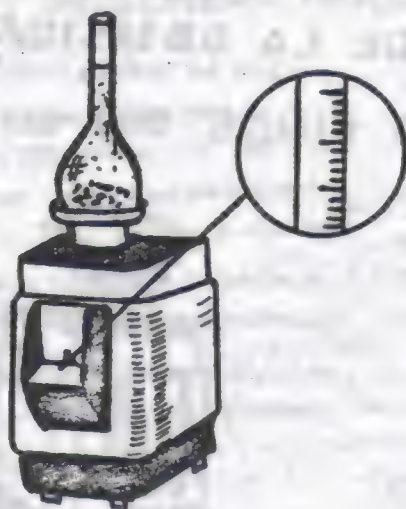
- ④ PESE APROXIMADA-
MENTE 60gr DE MA-
TERIAL.

- ② DETERMINE EL PESO
DEL MATRAZ PERFEC-
TAMENTE LIMPIO

- ③ PREPARACION DEL MA-
TERIAL (SE REPITEN
LOS PUNTOS DEL 1 AL 4)



- ⑤ MEDIANTE UN EMBU-
DO DEPOSITE EL MA-
TERIAL EN EL MA-
TRAZ.

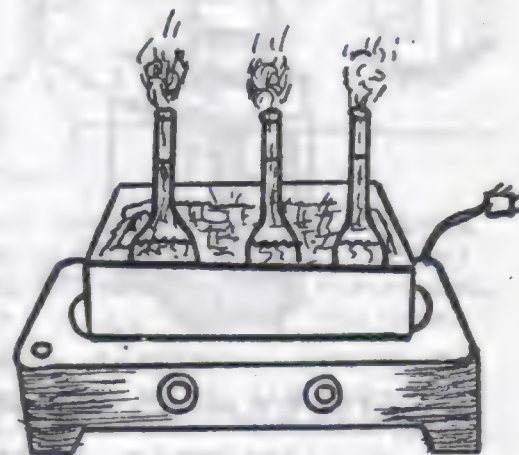
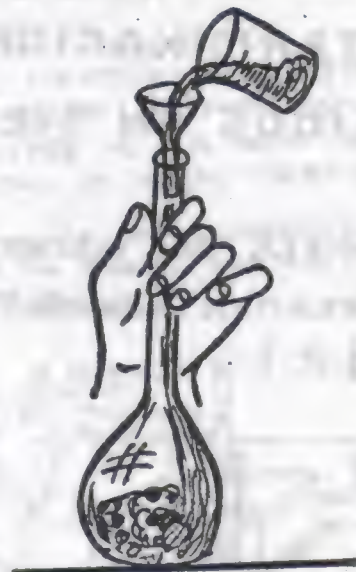


⑥ PROCEDA A DETERMINAR SU PESO

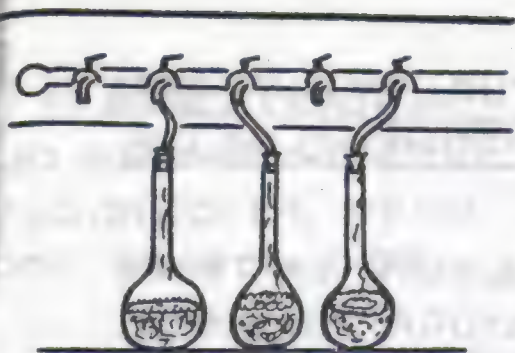
⑦ LA DIFERENCIA DE
⑥ - ② DA EL PESO
DEL MATERIAL SOLIDO
(W_s).

⑧ EL VALOR OBTENIDO
SE ANOTA EN EL RE-
GISTRO.

⑨ AGREGUE AL MATRAZ
APROXIMADAMENTE
DE 150 A 300 cm^3
DE AGUA DESTILA-
DA PROCURANDO QUE
LAS PARTICULAS QUE
HAYAN QUEDADO AD-
HERIDAS AL CUELLO
SEAN DEPOSITADAS
EN LA SUSPENSION.

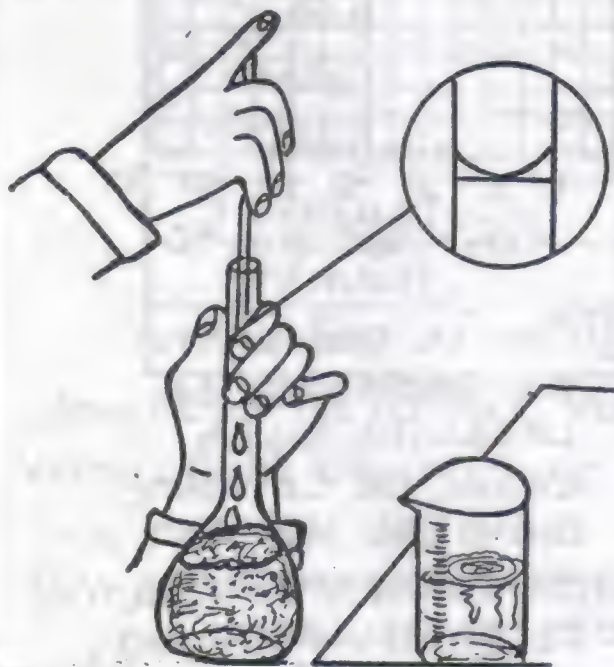
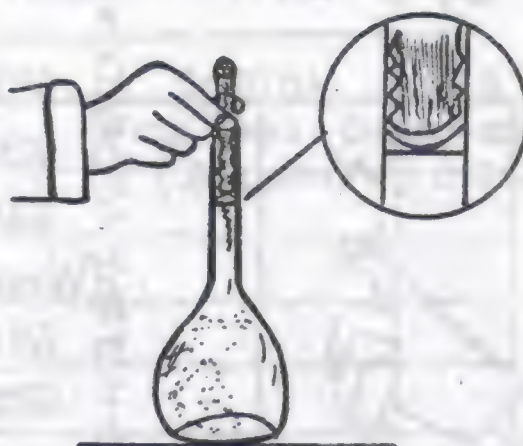


⑩ EL AIRE RETENIDO
QUEDA ELIMINADO
INTRODUCIENDO EL
MATRAZ EN BAÑO
MARIA (CON GLICE-
RINA REBAJADA)



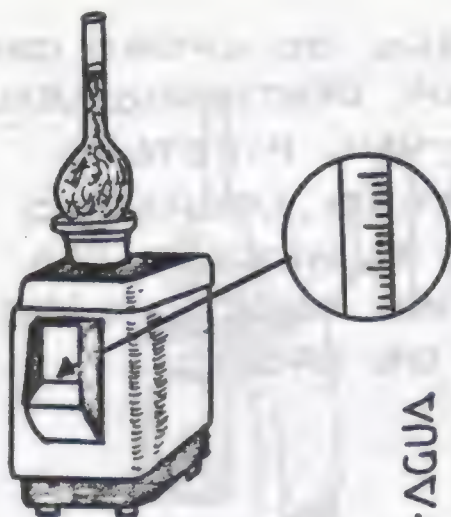
MARCA DE AFORO CON AGUA DESTILADA USANDO UNA PIPETA O GOTERO, LOGRANDO QUE EL MENISCO DESCANSE SOBRE LA MARCA DE AFORO

SI SE CUENTA CON UNA BOMBA DE VACIOS EL PROCESO SE EFECTUA EN MENOS TIEMPO (EL DESAIRADO SE REALIZA DURANTE UN TIEMPO DE 20 MINUTOS).

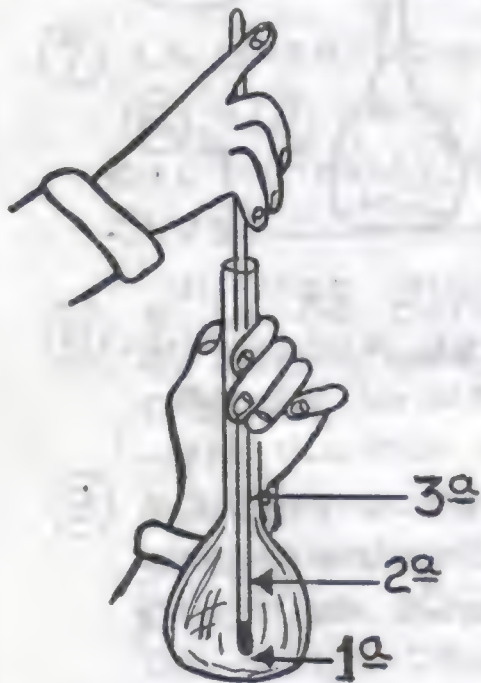


12 SEQUE CON UN PAPEL ABSORVENTE EL INTERIOR DEL CUELLO HASTA LA SUPERFICIE DEL AGUA (PROCURANDO NO TOCARLA).

11 ENRASE EL MATRAZ HASTA SU



- ⑬ PESE EL MATRAZ
AFORADO CON SOLIDOS (W_{mwf})

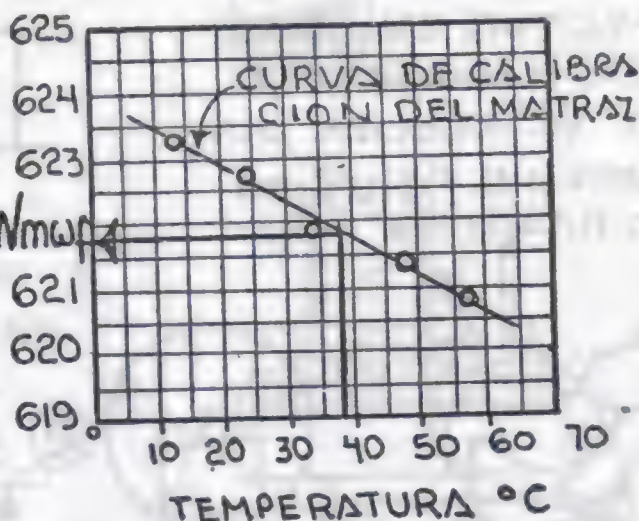


- ⑭ TOME 3 TEMPERATURAS, EN LA PARTE INFERIOR, MEDIA Y SUPERIOR (LA TEMPE

RATURA FINAL SERA EL PROMEDIO DE LAS 3).

- ⑮ ASIENTE LA TEMPERATURA PROMEDIO ($^{\circ}\text{C}$) EN EL REGISTRO DE LA DENSIDAD DE SOLIDOS.

PESO MATRAZ AFORADO+AGUA



- ⑯ CON LA TEMPERATURA PROMEDIO, SE LOCALIZA EN LA CURVA DE CALIBRACION DEL MATRAZ SU CORRESPONDIENTE PESO AFORADO SIN SOLIDOS. (W_{mwf}).

⑪ EL VALOR OBTENIDO SE ANOTA EN EL REGISTRO DE DENSIDAD DE SOLIDOS.

⑫ CON LOS VALORES DETERMINADOS CALCULE LA DENSIDAD DE SOLIDOS EMPLEANDO LA FORMULA.

$$S_s = \frac{W_s}{W_s + W_{mwf} - W_{mwfs}}$$

PRUEBA Nº				
MATRAZ Nº				
W_m				
W_{ms}				
W_s				
W_{mwfs}				
TEMPERATURA				
W_{mwf}				
S_s				

W_m = PESO NETO DEL MATRAZ

W_{ms} = PESO DEL MATRAZ + SOLIDOS

W_s = PESO SECO O PESO DE LOS SOLIDOS

W_{mwfs} = PESO DEL MATRAZ AFORADO CON AGUA Y SOLIDOS

W_{mwf} = PESO DEL MATRAZ AFORADO CON AGUA

S_s = DENSIDAD DE SOLIDOS.

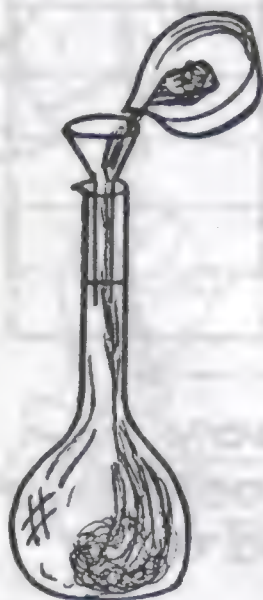
DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE SOLIDOS (SUELOS COHESIVOS)

- ① LIMPIEZA DEL MATRAZ (SE REPITEN LOS PUNTOS a, b, c, d, e)

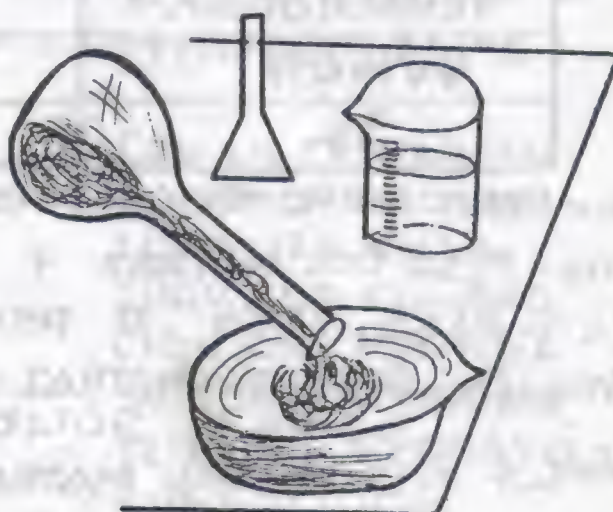
LA SUSPENSION EN UN MATRAZ CALIBRADO PROCURANDO NO PERDER MATERIAL.

- ② PREPARACION DEL MATERIAL (SUELOS COHESIVOS) PUNTOS (1, 2, 3, 4, 5, 6)

- ④ SE REPITEN LOS PUNTOS 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 DEL ENSAYE ANTERIOR (SUELOS FRICCIONANTES)

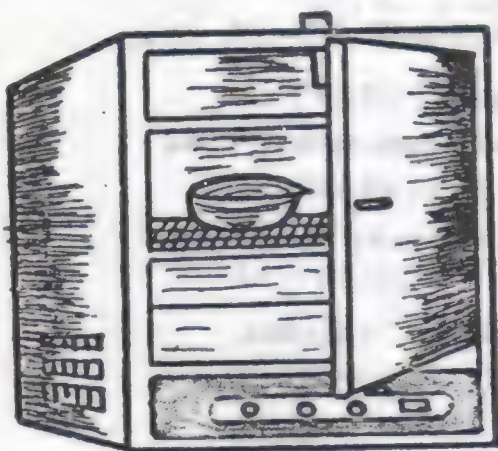


- ③ MEDIANTE UN EMBUDO SE VIERT



- ⑤ EN UNA CAPSULA SE VACIA TODO EL MATERIAL.

- ⑥ CON AGUA DESTILADA SE ENJUAGA EL MATRAZ DE MANERA QUE NO QUEDEN PARTICULAS ADHERIDAS A EL



- ⑦ SE INTRODUCE LA CAPSULA EN UN HORNO ELECTRICO (TEMPERATURA CONSTANTE 105°C A 110°C)
- ⑧ DESPUES DE QUE SE HA EVAPORADO EL AGUA, SE OBTIENE EL PESO SECO DEL MATERIAL (W_s)

PREVIAMENTE DEBE PESARSE LA CAPSULA)

- ⑨ CON LOS VALORES OBTENIDOS SE CALCULA LA DENSIDAD DE SOLIDOS EMPLEANDO LA FORMULA.

$$S_s = \frac{W_s}{W_s + W_{mwf} - W_{mwf_s}}$$

VALORES TIPICOS DE DENSIDADES

ARENAS Y GRAVAS	2.65-2.67
CENIZAS VOLCANICAS	2.30-2.50
LIMOS INORGANICOS Y ARCILLOSOS	2.67-2.72
ARCILLAS PLASTICAS	2.78-2.84
ARCILLAS BENTONITICAS DE LA C. DE MEXICO	2.84-2.88
SUELOS ORGANICOS	2.4-2.65
TURBA	1.7 - 1.9
SUELOS CON CIERTA CANTIDAD DE HIERRO	3.

OBSERVACIONES Y POSIBLES ERRORES QUE PUEDEN COMETERSE EN EL ENSAYE

- 1.- QUE EL MENISCO NO SE ENCUENTRE DESCANSANDO LIBREMENTE SOBRE LA MARCA DE AFORO.
- 2.- LECTURAS MAL REGISTRADAS EN EL TERMOMETRO
- 3.- BALANZA MAL NIVELADA E INDEBIDAMENTE INSTRUMENTADA
- 4.- LECTURAS MAL REGISTRADAS EN LA BALANZA ELECTRICA.
- 5.- QUE EL AGUA EMPLEADA EN EL ENSAYE NO SEA DESTILADA
- 6.- TEMPERATURA NO UNIFORME EN EL MATRAZ.
- 7.- IMPUREZAS EN EL MATRAZ O EN LOS SOLIDOS.

CONFORME A LA SECUENCIA ESTABLECIDA, SE HA COMPROBADO QUE EL PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE SOLIDOS EN SUELOS ARENOSOS ES MAS PRACTICO Y EXPEDITO QUE PARA SUELOS COHESIVOS. EN COMPARACION CON LOS VALORES OBTENIDOS, SE OBSERVA UNA DIFERENCIA ACEPTABLE, EN CAMBIO, EL TIEMPO REQUERIDO DEMORA 24 hr.

ENSAYE

7

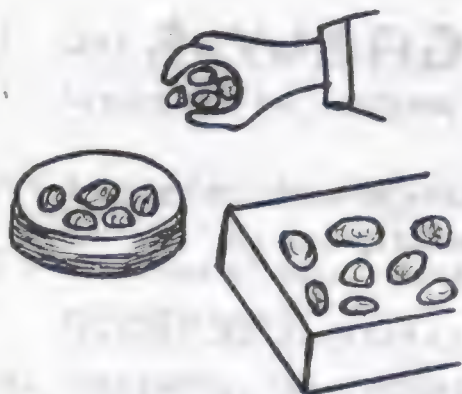
DENSIDAD DE GRAVAS

- EQUIPO:
- 1.- BALANZA ELECTRICA CON CAPACIDAD DE 200 gr. Y APROXIMACION HASTA 0.01 gr.
 - 2.- PROBETA GRADUADA CON CAPACIDAD DE 1000 ml.
 - 3.- FRANELA O PAPEL SECANTE.
 - 4.- CHAROLA DE ALUMINIO.
 - 5.- VASO DE PRECIPITADOS.
 - 6.- PIPETA.



A. L. H. C.





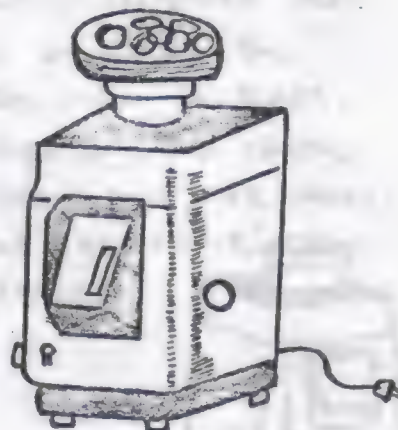
① DE UNA MUESTRA REPRESENTATIVA UTILICE APROXIMADAMENTE 10 GRAVAS.



③ SAQUE LAS GRAVAS DEL RECIPIENTE Y LIMPIELAS SUPERFICIALMENTE CON UN TRAPO SEMI-HUMEDO.

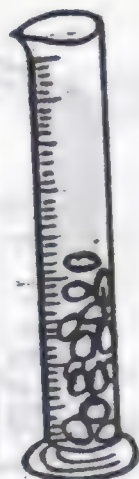


② DEPOSITE LAS GRAVAS EN UN RECIPIENTE QUE CONTENGA AGUA DURANTE UN TIEMPO DE 18 a 24 hr. O HASTA QUE QUEDEN TOTALMENTE SATURADAS.



④ EN LA BALANZA DE TORSION SE PESAN LAS GRAVAS CON APROXIMACION AL 0.1 gr (W_{gw}).

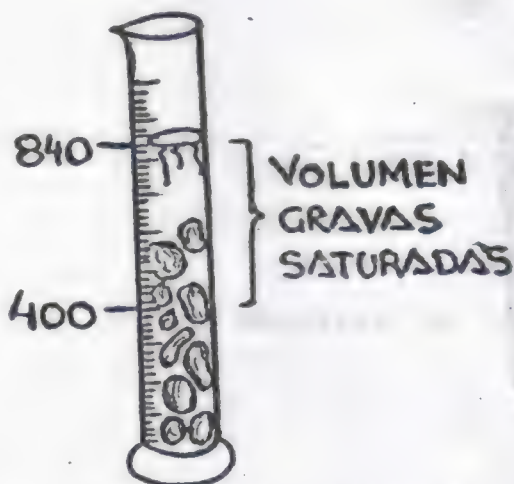
CALCULOS



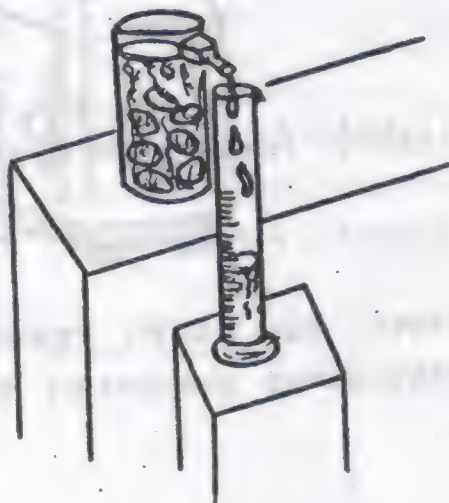
⑤ EN UNA PROBETA CON CAPACIDAD DE 1000 mL, VIERTA APROXIMADAMENTE DE 400 A 600 mL DE AGUA.

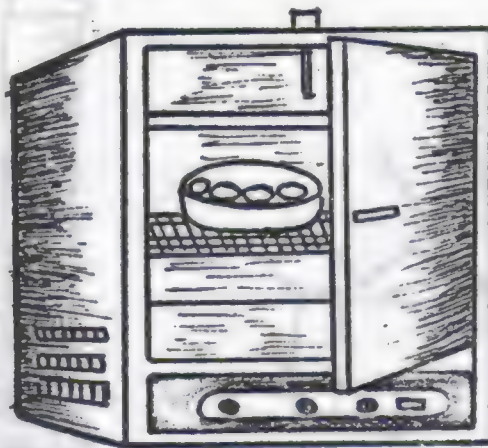
⑦ LA DIFERENCIA DE LOS PUNTOS 645 DETERMINAN EL VOLUMEN DE LAS GRAVAS SATURADAS (cm^3).

NOTA: EN EL CASO DE QUE EL VOLUMEN DE LA PROBETA SEA INSUFICIENTE SE UTILIZA UN PICHOMETRO.



⑥ INTRODUZCA LAS GRAVAS EN LA PROBETA PROCEDIENDO A LEER SU LECTURA CORRESPONDIENTE.





- ⑧ LAS GRAVAS EN ESTUDIO SE DEPOSITAN EN UN RECIPIENTE, INTRODUCIENDOLAS ENSEGUIDA EN UN HORNO ELECTRICO (TEMPERATURA CONSTANTE $105^{\circ} - 110^{\circ}\text{C}$) DURANTE UN TIEMPO DE 18-24 hr.



- ⑨ DESPUES DEL TIEMPO FIJADO SE SACAN LAS GRAVAS. DETERMINANDO NUEVAMENTE SU PESO. (W_{GS}).

CALCULOS

$$A.- \text{DENSIDAD APARENTE} = \frac{\text{PESO DE LAS GRAVAS EN EDO. SECO}}{\text{VOLUMEN DESALOJADO}}$$

$$= \frac{\text{PUNTO 9}}{\text{PUNTO 7}}$$

PUNTOS (6) - (5) = VOLUMEN DE LAS GRAVAS INCLUYENDO EL PESO DEL AGUA ABSORVIDO.

B.- DENSIDAD REAL DE LAS GRAVAS (S_{sg})

$$S_{sg} = \frac{\text{PESO DE LAS GRAVAS EN EDO. SECO } (W_{sg})}{\text{VOLUMEN DE LAS GRAVAS}}$$

$$= \frac{W_{sg}}{\text{VOLUMEN DESALOJADO} - \text{VOLUMEN DE ABSORCION}}$$

$$= \frac{\text{PUNTO 9}}{\text{PUNTO 7} - [\text{PUNTO 4} - \text{PUNTO 9}]}$$

$$\text{VOLUMEN DE ABSORCION} = (W_{gw}) - (W_{gs})$$

$$= \text{PUNTO 4} - \text{PUNTO 9.}$$

ENSAYE



COMPACTACION

INTRODUCCION

LA COMPACTACION ES UN PROCESO MECANICO QUE TIENE COMO FINALIDAD AUMENTAR EL PESO ESPECIFICO DEL MATERIAL. ESTO SE LOGRA UNICAMENTE CUANDO SE REDUCE EL VOLUMEN DE VACIOS AL SUFRIR EL IMPACTO DE UNA ENERGIA.

PARA LOGRAR REDUCIR EL VOLUMEN DE VACIOS, ES NECESARIO AGREGAR AGUA AL MATERIAL. ESTE FLUIDO HACE LA FUNCION DE LUBRICANTE Y A MEDIDA QUE SE VA INCREMENTANDO, EL SUELO ADQUIERE UN MEJOR ACOMODAMIENTO DE PARTICULAS HASTA LLEGAR A UN MAXIMO, OBTENIENDOSE EN ESE INSTANTE EL MAYOR PESO VOLUMETRICO SECO, CORRESPONDIENTE A UNA HUMEDAD OPTIMA.

EN EL LABORATORIO SE PRETENDE REPRODUCIR, LOS TRABAJOS REALIZADOS EN EL CAMPO Y PARA TAL FIN SE HA JUSTIFICADO A LA PRUEBA PROCTOR COMO EL ENSAYE QUE GARANTIZA LOS EFECTOS DEL RODILLO PATA DE CABRA DEBIDO A QUE PROPORCIONA UNA COMPACTACION UNIFORME DE LA PARTE INFERIOR

HACIA LA SUPERFICIE DE LA PARTE COMPACTADA.

DEFINICION: GRADO DE COMPACTACION.

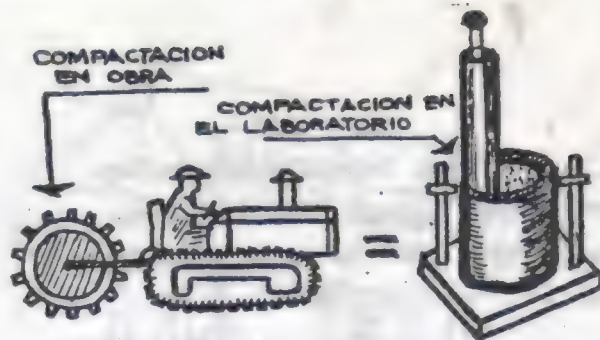
EL GRADO DE COMPACTACION QUE ALCANZA EL MATERIAL DURANTE LA CONSTRUCCION O DESPUES DE ELLA, ES LA RELACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO REGISTRADO EN EL CAMPO ENTRE EL PESO VOLUMETRICO MAXIMO OBTENIDO MEDIANTE UNA PRUEBA PROCTOR.

FORMULA.: $G\% = \frac{\gamma_d(\text{CAMPO})}{\gamma_d(\text{PROCTOR})}$

OBJETIVOS:

- OBTENER EL MAXIMO PESO VOLUMETRICO QUE PUEDE ALCANZAR EL MATERIAL EN ESTUDIO, ASI COMO SU CORRESPONDIENTE HUMEDAD OPTIMA.
- CALCULAR EL GRADO DE COMPACTACION EN LA ETAPA DE CONSTRUCCION O DESPUES DE QUE HAYAN SIDO CONSTRUIDOS (CAMINOS, PRESAS, ETC).
- UNA COMPACTACION REALIZADA ADECUADAMENTE, AUMENTA LA

RESISTENCIA, CON LO QUE LA DEFORMABILIDAD SE REDUCE ASIMISMO LA PERMEABILIDAD Y LA SUSCEPTIBILIDAD DE EROSIONARSE POR EL AGUA.



EQUIPO:

- 1.- MOLDE DE COMPACTACION CONSISTITUIDO POR UN CILINDRO METALICO DE 10.2cm (4") DE DIAMETRO INTERIOR Y 11.7cm (4.59") DE ALTURA.
EL CILINDRO DEBERA CONTAR CON UNA EXTENSION DE IGUAL DIAMETRO Y 5cm (2") DE ALTURA, ASI COMO DE UNA BASE.
(EL VOLUMEN DEL CILINDRO SIN EXTENSION ES DE APROXIMADAMENTE 0.94 lts.)
- 2.- PISTON METALICO DE 5cm (2") DE DIAMETRO Y UN PESO DE 2.5 Kg (5.5 lbs).
- 3.- REGLA METALICA CON ARISTA CORTANTE DE 25cm DE LARGO.
- 4.- BALANZA DE 50Kg Y 1gr DE APROX.
- 5.- BALANZA ELECTRICA DE 800gr DE CAPACIDAD Y APROX. AL 0.01gr
- 6.- HORNO ELECTRICO (TEMP. 105°C)
- 7.- CAPSULAS DE ALUMINIO
- 8.- CHAROLA DE ALUMINIO
- 9.- ESPATULA.
- 10.- PROBETA GRADUADA 500cc

COMO SE INDICO ANTERIORMENTE EL GRADO DE COMPACTACION QUEDA DEFINIDO MEDIANTE LA RELACION $(\gamma_d \text{ campo}) \div (\gamma_d \text{ laboratorio})$

LA DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO EN EL CAMPO SE OBTIENE CONFORME A LO EXPUESTO EN EL ENSAYE N° 3 EMPLEANDO EL METODO DEL CONO DE ARENA O EL MEDIDOR DE VOLUMEN (AGUA). POR LO TANTO UNICAMENTE SE DESCRIBIRA EL METODO PROCTOR PARA DETERMINAR EL $\gamma_d \text{ maximo}$ EN EL LABORATORIO, LA ENERGIA EMPLEADA EN LA PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR ESTANDARD ES DE $6.1 \frac{\text{Kg-cm}}{\text{cm}^2}$, ESTE VALOR FUE CALCULADO PERO PUEDE SER DETERMINADO POR MEDIO DE LA SIGUIENTE EXPRESION

$$E_c = \frac{NnWh}{V}$$

E_c = ENERGIA DE COMPACTACION
 N = NUMERO DE GOLPES
 n = NUMERO DE CAPAS
 W = PESO DEL MARTILLO
 h = ALTURA DE CAIDA
 V = VOLUMEN DEL SUELO COMPACTADO = VOLUMEN DEL CILINDRO SIN EXTENSION.

LA PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR TIENE CIERTAS LIMITACIONES EN LO QUE RESPECTA A :

1.- UNICAMENTE PUEDEN EMPLEARSE TODOS AQUELLOS MATERIALES QUE PASEN POR LA MALLA N° 4

2.- MATERIALES QUE NO DEBEN EMPLEARSE.

- a) ARENA DE RIO
- b) ARENA DE MINA
- c) ARENA PRODUCTO DE UNA TRITURACION
- d) TEZONTLES ARENOSOS
- e) SUELOS QUE CAREZCAN DE CEMENTACION (Es difícil hacer la prueba debido a que el agua al no contar con un material cohesivo , fluye hacia el fondo del molde.)

LOS MATERIALES (a,b,c,d y e) PUEDEN EMPLEARSE EN OTRO TIPO DE PRUEBA (PORTER)

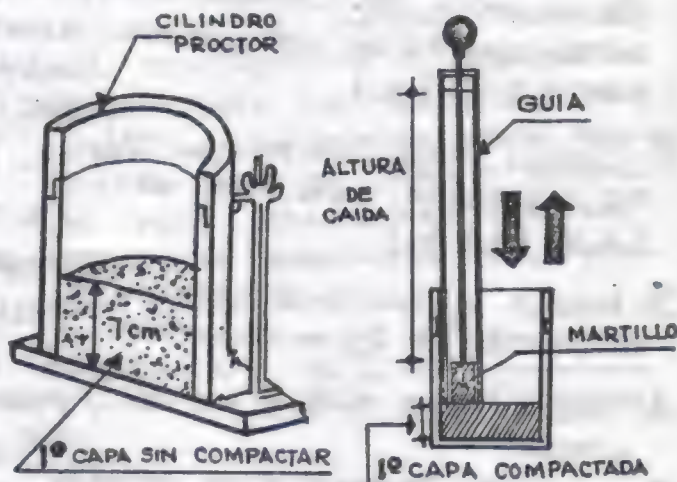
PROCEDIMIENTO

- 1.- DETERMINE PREVIAMENTE PESO DEL CILINDRO, DIAMETRO, ALTURA SIN INCLUIR EXTENSION, VOLUMEN DEL CILINDRO, PESO DEL MARTILLO Y ALTURA DE CAIDA.
- 2.- EL MATERIAL QUE SE VA A EMPLEAR SE SECA Y DESPUES SE DESGRUMA PROCURANDO NO ROMPER LOS GRANOS.
- 3.- LA MUESTRA SE CRIBA ATRAVES DE LA MALLA N° 4, PESANDOSE APROXIMADAMENTE 3 kg DE MATERIAL, EL CUAL SE DEPOSITA EN UNA CHAROLA.



4.- AGREGUE AL MATERIAL AGUA HASTA QUE ADQUIERA UNA CONSISTENCIA DE GRUMO.

5.- PROCEDA A HOMOGENIZAR LA HUMEDAD, AMASANDO LA MUESTRA CON LAS MANOS.

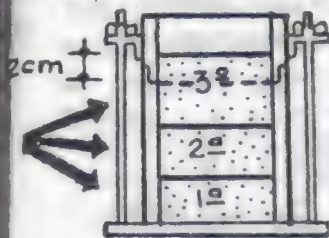


6.- CON LAS MANOS AGREGUE AL CILINDRO PROCTOR LA PRIMER CAPA DE MATERIAL (APROX. 7 cm).

7.- SE COMPACTA LA 1ª CAPA, APLICANDO 25 GOLPES CON EL MARTILLO PROCURANDO REPARTIRLOS EN TODA LA SUPERFICIE.

8.- DÉPOSITE LA 2ª CAPA AGREGANDO MATERIAL APROXIMADAMENTE 2 cm ABAJO DE LA PARTE SUPERIOR DEL CILINDRO PROCTOR.

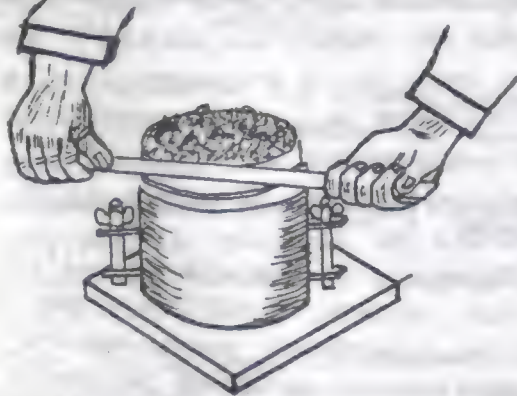
- 9 SE PROCEDE A COMPACTAR LA 2ª CAPA (25 GOLPES).



3 CAPAS
25
GOLPES
POR
CAPA

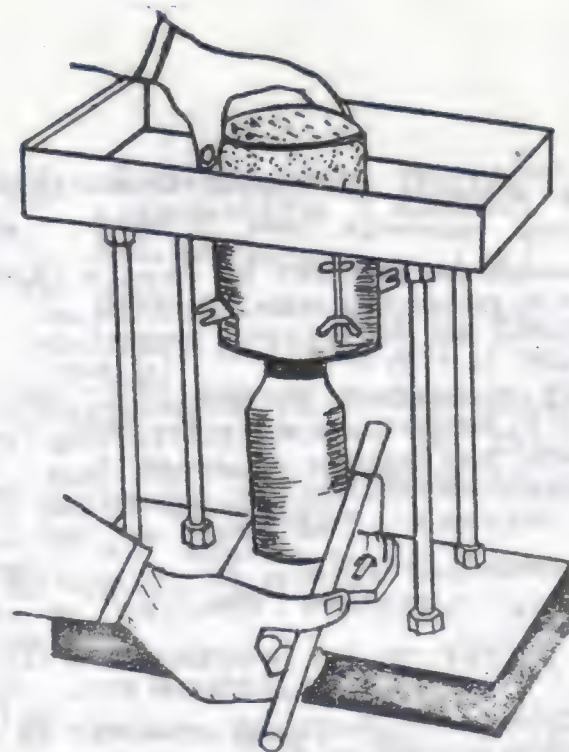
- 10 EN IDENTICA FORMA SE PROCEDE CON LA 3ª CAPA PROCURANDO QUE, UNA VEZ COMPACTADO EL MATERIAL, LA SUPERFICIE SE ENCUENTRE 1 ó 2 cm ARRIBA DE LA PARTE SUPERIOR DEL CILINDRO.

- 11 AL TERMINAR LA COMPACTACION DE LAS 3 CAPAS, CON UNA ESPATULA SE RECORRE EL PERIMETRO INTERIOR CON EL OBJETO DE DESPEGAR EN PARTE EL MATERIAL QUITÁNDOSE ENSEGUIDA LA EXTENSION

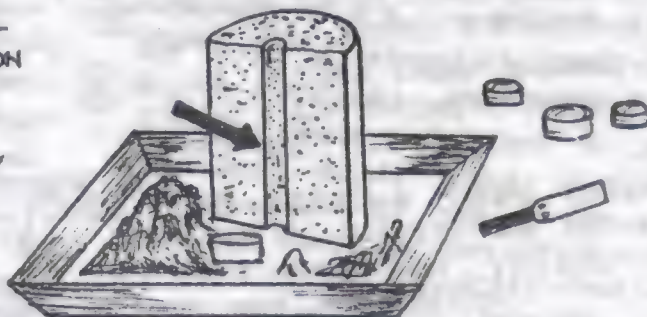


- 12 SE ENRASA LA MUESTRA AL NIVEL SUPERIOR DEL CILINDRO, PROCEDIENDO A EFECTUAR LA MISMA OPERACION GIRÁNDOLO 180°

- 13 LIMPIE EXTERIORMENTE EL CILINDRO, DETERMINANDO SU PESO CON LA MUESTRA COMPACTADA.



- 14 A CONTINUACION, SE QUITA LA PLACA BASE Y SE EXTRAE LA MUESTRA DEL CILINDRO



- 15 LA MUESTRA OBTENIDA SE CORTA TRANSVERSALMENTE Y CON UNA ESPATULA SE TOMA DE LA PARTE CENTRAL UNA PORCION REPRESENTATIVA EN TODA SU ALTURA LA CUAL SE VACIA EN UNA CAPSULA PREVIAMENTE TARADA.

DE ESTA MANERA SE OBTIENEN LOS DATOS PARA TRAZAR UN PUNTO EN LA GRAFICA DE COMPACTACION. (CONTE NIDO DE HUMEDAD - PESO VOLUMETRICO SECO.)

LA GRAFICA DE COMPACTACION QUEDA DEFINIDA CON 5 PUNTOS (3 AL IRSE INCREMENTANDO EL γ_d Y 2 AL BAJAR ESTE VALOR). POR LO TANTO PARA OBTENER LOS 4 PUNTOS RES-
TANTES, SE PROCEDE EN CADA UNO DE ELLOS A DESGRUMAR EL MATERIAL AGREGANDO 100 cc DE AGUA, REPITIENDOSE LA MISMA SECUELA (DEL PUNTO 5 AL 15).

EL IR AGREGANDO AGUA EN CADA ENSAYE, TIENE COMO FINALIDAD QUE EL MATERIAL SE COMPACTE CADA VEZ MAS, HASTA LLEGAR A UN LIMITE CORRESPONDIENTE A UNA HUMEDAD OPTIMA, QUE ES LA QUE GARANTIZA UN PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO. PODRA OBSERVARSE QUE AL IR INCREMENTANDO LA HUMEDAD ESTE VALOR DISMINUYE DEBIDO A QUE SE PROVOCA UN AUMENTO DEL VOLUMEN DE LOS HUECOS, OCASIONANDO UNA SUSTITUCION SUCESIVA DE PARTICULAS DE SUELO POR AGUA.

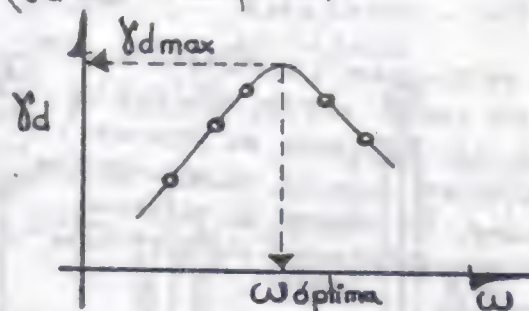
- (16) LAS MUESTRAS OBTENIDAS EN FORMA REPRESENTATIVA SE INTRODUCEN EN UN HORNO ELECTRICICO DURANTE UN TIEMPO (18-24 hs), CALCULANDO A CONTINUACION SUS CORRESPONDIENTES CONTENIDOS DE HUMEDAD.

- (17) CON LOS DATOS DE LOS PASOS (1) Y (13) SE CALCULAN LOS PESOS VOLUMETRICOS HUMEDOS, (γ_h), CON ESTE VALOR Y EL CONTENIDO DE HUMEDAD CORRES-

PONDIENTE (16) SE DETERMINA EL PESO VOLUMETRICO SECO CONFORME LA EXPRESION

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1+w}$$

FINALMENTE CON LOS VALORES OBTENIDOS (w , γ_d) SE DIBUJA LA CURVA DE COMPACTACION PROCTOR, LOCALIZANDOSE EN LA MISMA EL PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO CORRESPONDIENTE A UNA HUMEDAD OPTIMA ($\gamma_{d \max} - w_{\text{optimo}}$).



GENERALMENTE LA HUMEDAD OPTIMA ES MENOR A LA DEL LIMITE PLASTICO.

PRUEBA PROCTOR MODIFICADA

ESTE ENSAYE TIENE LA MISMA FINALIDAD, SIENDO PRACTICAMENTE IGUAL AL ANTERIOR; ÚNICAMENTE DIFIERE EN LA ENERGIA DE COMPACTACION EMPLEADA, QUE EN ESTE CASO ES MAYOR ($E_c = 27.2 \frac{Kg \cdot cm}{cm^2}$)

ESTE VALOR SE OBTIENE AL INCREMENTAR LA ALTURA DE CAIDA Y EL PESO DEL PISTON, ASI COMO EL N° DE CAPAS.

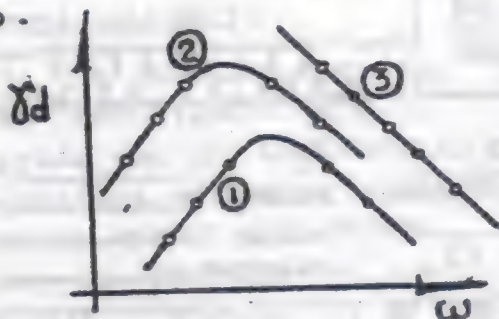
ALTURA DE CAIDA = 45.7 cm (18")

PESO DEL PISTON = 4.5 Kg (10 lbs)

N° DE CAPAS = 5

N° DE GOLPES POR CAPA = 25

AL INCREMENTAR LA ENERGIA DE COMPACTACION EL PESO VOLUMETRICO SECO, RESULTA MAYOR A MENOR CONTENIDO DE HUMEDAD.



- ① PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR
- ② PRUEBA PROCTOR MODIFICADA
- ③ CURVA DE SATURACIÓN TEÓRICA.

DEBE COMPROBARSE QUE LA CURVA DE COMPACTACION PROCTOR ESTE CORRECTAMENTE DETERMINADA, PARA ELLO, ES CONVENIENTE TRAZAR LA CURVA DE SATURACION TEORICA, LA CUAL NO DEBE CORTAR A LA PROCTOR DEBIDO A QUE UN MATERIAL NO ADQUIERE LA COMPACTACION OPTIMA A GRADOS DE SATURACION CERCANOS O IGUALES AL 100%.

CON γ_d , S_s , G_w : DETERMINE LOS CONTENIDOS DE HUMEDAD PARA EL 100% DE SATURACION.

OBSERVACIONES Y POSIBLES ERRORES QUE PUEDEN COMETERSE EN EL ENSAYE.

- ① QUE LA HUMEDAD EN EL MATERIAL NO SE ENCUENTRE TOTALMENTE HOMOGÉNEA.
- ② ALTURA DE CAIDA MENOR A LA ESPECIFICADA

- ③.- QUE EL PISÓN NO CAIGA LIBREMENTE Y ADemás ROSE LA GUIA.
- ④.- EXCESO DE PRESION AL AGREGAR EL MATERIAL CON LOS DEDOS EN EL CILINDRO (TRATANDO DE COMPACTARLO)
- ⑤ CONTENIDOS DE HUMEDAD NO REPRESENTATIVOS EN EL ENSAYE, (O SEA QUE SE HAYA TOMADO UNA PORCIÓN DE SUELO DE CUALQUIER PARTE DE LA MUESTRA.
- ⑥ QUE NO SE ENRASE DEBIDAMENTE EL CILINDRO PROCTOR.
- ⑦ DISTRIBUCION NO UNIFORME DE LOS GOLPES.
- ⑧ SECADO EXCESIVO DE LA MUESTRA (OCASIONA DIFERENTE COMPORTAMIENTO DURANTE LA COMPACTACION.
- ⑨ REPETIR EL ENSAYE CON LA MISMA MUESTRA.
- ⑩ QUE LAS CAPAS COMPACTADAS NO SEAN DEL MISMO ESPESOR.
- ⑪ SI LA ÚLTIMA CAPA EXCEDE DE 2.5 cm, LA PRUEBA DEBE DE REPETIRSE.
- ⑫.- UNA PERSONA DEBE LLEVAR A CABO EL ENSAYE EN LAS ETAPAS DE COMPACTACION, YA QUE ASÍ SERÁ MÁS UNIFORME.
- ⑬ EXCESIVO N° DE PUNTOS EN EL ENSAYE (ESTO TIENE POR OBJETO SOBRE FATIGAR EL MATERIAL)
- ⑭ LA CURVA DE COMPACTACION DEBE TRAZARSE CON UN NÚMERO DE ENSAYES NO MENOR DE 4 NI MAYOR A 5.

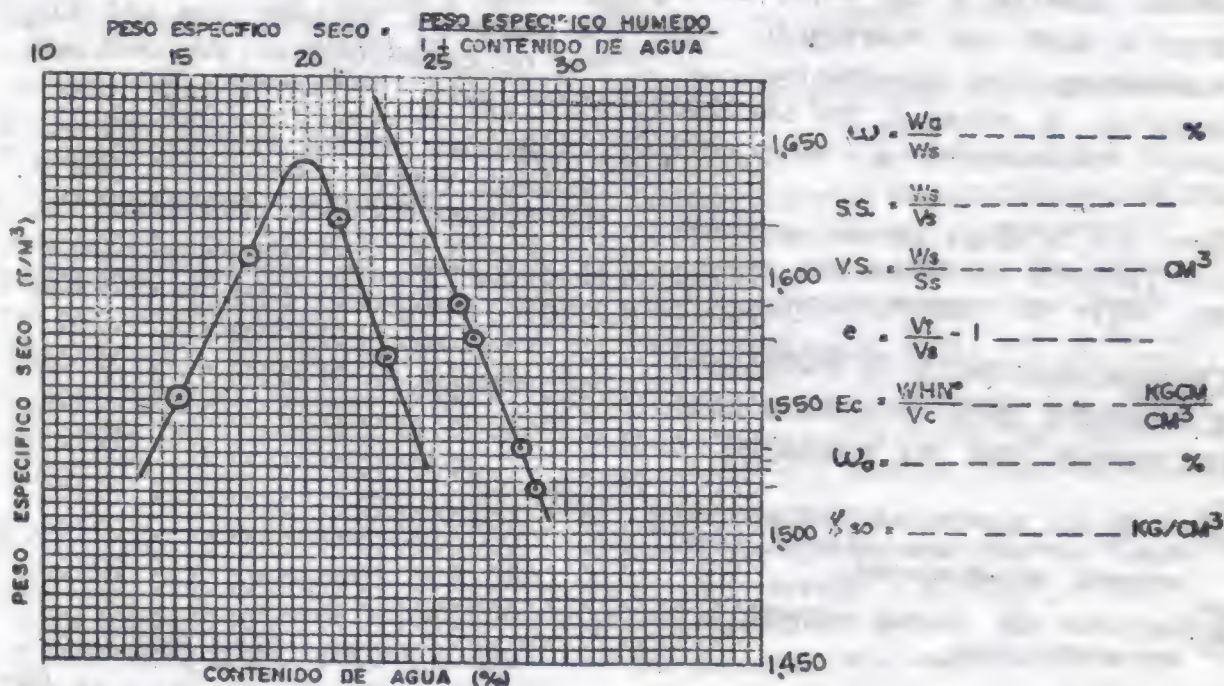
OBRA _____
 LOCALIZACION _____
 ENSAYE Nº _____ SONDEO Nº _____
 MUESTRA Nº _____ PROF. _____
 DESCRIPCION _____

	INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
	COMPACTACION
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TIPO DE PRUEBA **PROCTOR ESTANDARD.**
 MOLDE Nº 2 VOL. 920 CM³ PESO 4200 GR.
 PESO MARTILLO _____ GR. ALTURA DE CAIDA _____ CM.
 Nº DE CAPAS 3 Nº DE GOLPES POR CAPA 25

EC. _____
 FECHA _____
 ALUMNO _____
 CALCULISTA _____

PRUEBA Nº	(1)	(2)	(3)	(4)				
PESO DEL MOLDE + SUELO HUMEDO	5.844	5.945	6.007	5.975				
PESO DEL MOLDE (GR)	4.200	4.200	4.200	4.200				
PESO SUELO HUMEDO (GR)	1.644	1.745	1.807	1.775				
PESO ESPECIFICO HUMEDO (T/M ³)	1.786	1.896	1.964	1.929				
CAPSULA Nº	38	VI	X	XI				
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (GR)	167.30	210.11	221.53	257.44				
PESO CAPSULA + SUELO SECO (GR)	157.57	194.60	201.54	226.13				
PESO DEL AGUA (GR)	9.73	15.51	19.79	31.31				
PESO CAPSULA (GR)	93.55	108.36	108.10	90.94				
PESO SUELO SECO (GR)	64.02	86.24	93.44	135.19				
CONTENIDO DE AGUA (%)	15.19	17.98	21.17	23.15				
PESO ESPECIFICO SECO (T/M ³)	1551.08	1607.60	1620.65	1566.30				
RELACION DE VACIOS (e)								



OBSERVACIONES _____

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE EN EL LABORATORIO

GENERALIDADES:

DENTRO DE LOS ENSAYES DE MAYOR IMPORTANCIA QUE SE REALIZAN EN LOS LABORATORIOS DE MECANICA DE SUELOS, ESTAN AQUELLOS DONDE SE PUEDE VALUAR LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE. LA INFORMACION OBTENIDA ES NECESARIA DEBIDO A QUE INTERVIENE EN EL DISEÑO DE CIMENTACIONES DE INGENIERIA CIVIL TALES COMO EDIFICIOS, PUENTES, PRESAS REPRESENTADAS, TERRAPLENES Y ADEMÁS EN ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES, TUNELES, Y EMPUJES SOBRE ESTRUCTURAS DE RETENCION. PARA CADA CASO, DEPENDIENDO LAS CONDICIONES A QUE SE ENCUENTRE SUJETO EL SUELO O A LAS QUE SE VAYA A SOMETER, EXISTEN VARIAS PRUEBAS TANTO DE LABORATORIO COMO DE CAMPO LAS CUALES REPRESENTAN EN PARTE LAS CONDICIONES IN-SITU.

LAS PRUEBAS DE LABORATORIO CON QUE SE CUENTA ACTUALMENTE PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE SON:

- 1.- CORTE DIRECTO
- 2.- COMPRESION SIMPLE O NO CONFINADA
- 3.- COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA (UU)

A, I. M. C

4.- COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA CONSOLIDADA (R-CU)

5.- COMPRESION TRIAXIAL CONSOLIDADA NO DRENADA O LENTA (S-CD)

EN EL CAMPO LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE SE DETERMINA BURDAMENTE EMPLEANDO

- a) PENETROMETRO DE BOLSILLO
- b) VELETA
- c) PRUEBA PENETRACION ESTANDAR DINAMICO (P.E.D)
- d) TORCOMETRO

LA PRUEBA REALMENTE REPRESENTATIVA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE ES LA DE CARGA, DESAFORTUNADAMENTE RESULTA ANTIECONOMICA.

OBJETIVO:

- 1.- DETERMINAR LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE DE UN SUELO CON EL OBJETO DE VALUAR LA CARGA QUE PUEDE ACTUAR SOBRE EL SIN PROVOCAR LA FALLA DE LA MASA DEL MISMO.
- 2.- DEFINIR ADECUADAMENTE LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA (ϕ , C)
 ϕ = ángulo de fricción interna
C = cohesión
- 3.- INTERPRETAR DEBIDAMENTE EL TIPO DE FALLA QUE SUFRIO EL MATERIAL CONFORME A SUS CARACTERISTICAS.

④ COMPARAR LOS VALORES OBTENIDOS PARA UN MISMO SUELO SUJETO A DIFERENTES ENSAYES DE RESISTENCIA

⑤ CALCULAR LA SENSIBILIDAD DEL SUELO ESTUDIADO

⑥ DETERMINAR EL MODULO DE ELASTICIDAD.

FORMULA :

LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE SE EXPRESA POR MEDIO DE LA FORMULA:

$$S = c + \tau_n \operatorname{tg} \phi$$

ESTA EXPRESION NOS REPRESENTA UNA LEY DE RESISTENCIA, LA CUAL SE ENCUENTRA ^{basada} EN LA TEORIA DE COULOMB-MOHR.

EN DONDE :

S = RESISTENCIA AL ESF. CORTANTE

C = COHESION

τ_n = ESFUERZO NORMAL

ϕ = ANGULO DE FRICCION INTERNA.

EN SUELOS PURAMENTE FRICCIONANTES $S = \tau_n \operatorname{tg} \phi$ Y EN MATERIALES NETAMENTE COHESIVOS $S = C$

PREPARACION DE PROBETAS

LAS MUESTRAS QUE SE EMPLEAN POR LO GENERAL EN LOS ENSAYES SON DE FORMA CILINDRICA CON UNA RELACION DE ESBELTEZ DE 2 A 3 (LA ALTURA DEBE SER 2 A 3 VECES EL DIAMETRO).

MUESTRAS INALTERADAS

LAS MUESTRAS SE LABRAN CONFORME AL PROCEDIMIENTO N° 2 EMPLEADO PARA DETERMINAR EL PESO VOLUMETRICO, VISTO EN EL ENSAYE N° 3

EN ALGUNOS SUELOS RESULTA DIFICIL DAR UN ACABADO UNIFORME EN LAS CARAS DEL ESPECIMEN. CUANDO ESTO SE PRESENTE, PROCEDA A CABECEAR LA MUESTRA

CON YESO. ESTO TIENE COMO FINALIDAD PROPORCIONAR UNA SUPERFICIE DE CONTACTO LO MAS PLANA POSIBLE.

MUESTRAS REMOLDEADAS

CON EL OBJETO DE CONOCER LA SENSITIVIDAD DE LOS SUELOS ES CONVENIENTE FABRICAR ESPECIMENES, LOS CUALES, SON SOMETIDOS UNICAMENTE A ENSAYES DE COMPRESION SIMPLE O NO CONFINADA. CON LOS VALORES OBTENIDOS DE RESISTENCIA ULTIMA A LA COMPRESION SIMPLE EN MUESTRAS INALTERADAS Y REMOLDEADAS SE CALCULA LA SENSIBILIDAD MEDIANTE LA EXPRESION:

$$St = \frac{q_{ui}}{q_{ur}}$$

AMBAS MUESTRAS DEBEN TENER LAS MISMAS CARACTERISTICAS, EN CUANTO A DIMENSIONES Y CONTENIDO DE HUMEDAD. DE PREFERENCIA LA PROBETA REMOLDEADA DEBE DE FABRICARSE CON EL MISMO MATERIAL DE LA INALTERADA

LA SENSIBILIDAD PARA ARCILLAS NORMALES ESTA COMPRENDIDA ENTRE 2 y 8, VALORES MAYORES PRESENTAN CARACTERISTICAS EXTRA SENSITIVAS (TERZAGHI)

NOTA: TODOS LOS ESPECIMENES TANTO DE MUESTRAS INALTERADAS COMO REMOLDEADAS DEBEN LABRARSE EN EL CUARTO HUMEDO.

ENSAYE



COMPRESION SIMPLE

EQUIPO :

- 1.- EXTRACTOR DE MUESTRAS
- 2.- LABRADOR DE PROBETAS
- 3.- CUCHILLOS
- 4.- SIERRA DE ALAMBRE
- 5.- ESPATULA
- 6.- VERNIER
- 7.- CAPSULAS DE ALUMINIO O VIDRIOS DE RELOJ.
- 8.- BALANZA DE TORSION DE 0.01gr DE APROXIMACION.
- 9.- HORNO DE TEMPERATURA CONSTANTE (110°C)
- 10.- MICROMETRO APROX. 0.0001"
- 11.- EXTENSOMETRO APROX. 0.01 mm
- 12.- APARATO DE COMPRESION SIMPLE, CON ANILLO DE CARGA CALIBRADO Y ACCION HIDRAULICA

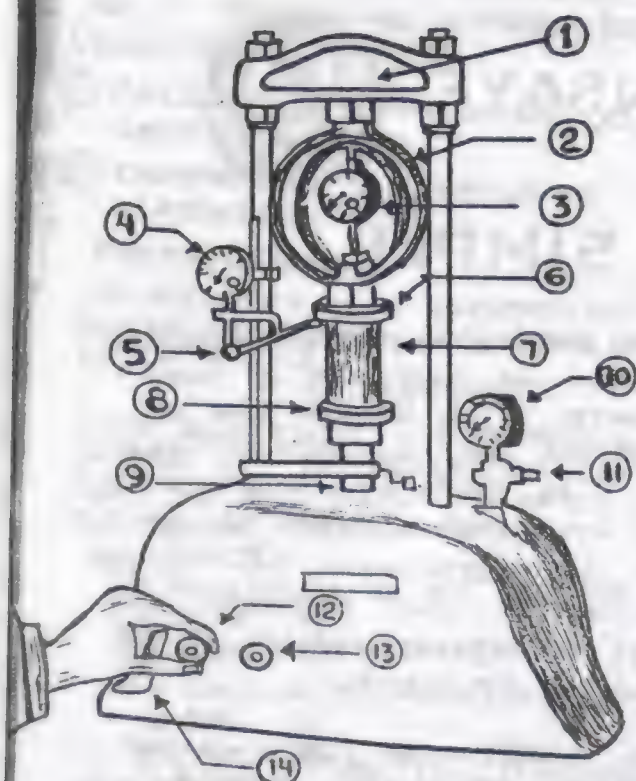
PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

- 1.- DESPUES DE QUE HA LABRADO EL ESPECIMEN DETERMINE MEDIANTE UN VERNIER SUS DIAMETROS Y ALTURA.
- ②.- CALCULE LAS MAGNITUDES DE LAS DEFORMACIONES TOTALES QUE CORRESPONDAN AL 5%, 10%, 15% y 20% DE LA ALTURA NETA DEL ESPECIMEN. LAS LECTURAS DEL EXTENSOMETRO CORRESPONDIENTES A ESTAS DEFORMACIONES SIRVEN DE GUIA CON RESPECTO AL PROGRESO DE LA PRUEBA.

EL ENSAYE DE COMPRESION SIMPLE O NO CONFINADO ES SEMEJANTE A LA PRUEBA QUE SE REALIZA CON CILINDROS DE CONCRETO, EL CUAL SE LLEVA A CABO APLICANDO CARGAS AXIALES A UN ESPECIMEN DE SUELO, MIDIENDO LAS DEFORMACIONES CORRESPONDIENTES A LA CARGA APLICADA.

4 LA MUESTRA SE PUEDE HACER FALLAR MEDIANTE 2 PROCEDIMIENTOS.

- ①- ESFUERZO CONTROLADO O
 - ②- DEFORMACION CONTROLADA
- CUANDO SON SUELOS BLANDOS EL PROCEDIMIENTO QUE SE EMPLEA ES EL 2º, DEBIDO A QUE A UNA CARGA MINIMA, CORRESPONDEN DEFORMACIONES CONSIDERABLES. EN CAMBIO, CUANDO SE TIENEN MATERIALES RIGIDOS (SUELOS CEMENTADOS EN ESTADO SECO, CONCRETO, ROCA) DEBE APLICARSE EL 1º)
- ③.- LIMPIAR Y REVISAR EL APARATO DE COMPRESION SIMPLE MODELO U-130, VERIFICANDO QUE FUNCIONE DEBIDAMENTE.
 - ④.- NIVELAR EL CABEZAL DE CARGA Y COLOCARLO A UNA DISTANCIA LIGERAMENTE MAYOR A LA ALTURA DE LA MUESTRA.



- ①.- CABEZAL DE CARGA
- ②.- DINAMOMETRO
- ③.- MICROMETRO APROX. 0.0001"
- ④.- EXTENSOMETRO
- ⑤.- APOYO DEL BRAZO DEL EXTENSOMETRO
- ⑥.- PLATO SUPERIOR
- ⑦.- ESPECIMEN
- ⑧.- PLATO INFERIOR
- ⑨.- VASTAGO DE CARGA
- ⑩.- MANOMETRO
- ⑪.- VALVULA DE ADMISION DE AIRE A PRESION.
- ⑫ y ⑬.- VALVULAS DE CONTROL DE VELOCIDADES, DE ASCENSO Y DESCANSO DEL VASTAGO DE CARGA
- ⑭.- PEDAL

APARATO CON FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO PARA ENSAYES DE COMPRESION NO CONFINADA MODELO U-130. SU CAPACIDAD DE CARGA ES DE 500 lb (226.8 Kg) PU DIENDO TRANSMITIR UNA PRESION EN BASE A SU PLACA DE APOYO DE 125 Psi (8.79) Kg/cm²

VALVULA ⑫ HASTA QUE LA PLACA SUPERIOR HAGA CONTACTO LIGERAMENTE CON LA MUESTRA (SIN APLICAR NINGUNA CARGA)

⑩ TOME LAS LECTURAS INICIALES EN EL MICROMETRO, EXTENSOMETRO Y CRONOMETRO ANOTANDOLAS EN LAS COLUMNAS ①, ② Y ④ DEL REGISTRO

⑤ COLOQUE EL MICROMETRO Y EL EXTENSOMETRO, PARA TOMAR LAS LECTURAS DE LA CARGA Y DEFORMACION RESPECTIVAMENTE

⑥ CHEQUE QUE LAS VALVULAS ⑫ Y ⑬ SE ENCUENTREN CERRADAS

⑦ LLENE EL TANQUE DE AIRE A PRESION HASTA REGISTRAR UNA LECTURA EN EL MANOMETRO DE 80 A 120 lbs.

⑧ BAJE EL PEDAL ⑭ MANTENIENDO FIJA ESTA POSICION HASTA QUE LA PROBETA HAYA FALLADO

⑨ MONTE EL ESPECIMEN POR ENSAYAR, Y ABRA LENTAMENTE LA

TIEMPO TRANSCURRIDO min.	DEFORMACIONES MICROMETRO 0.0001"	CARGA Kg	LECTURA EXTENSOMETRO 0.01 mm
(1)	(2)	(3)	(4)
0	0.00		0.00 1.00 2.00 3.00 4.00 5.00

- ⑪ SI SE VA A SEGUIR EL PRO-
CEDIMIENTO CONTROLANDO LAS
DEFORMACIONES, PUEDE FIJARSE
LA VARIACION EN EL EXTENSO-
METRO YA SEA A CADA
10, 20, 50, 100 CENTECIMAS DE MILIHE-
TRO. POR LO TANTO UNA VEZ
ESTABLECIDOS ESTOS VALORES,
HABRA QUE CORRELACIONARLOS SI-
MULTANEAMENTE CON LAS LEC-
TURAS PROPORCIONADAS POR
EL MICROMETRO AL IR TRANSCU-
RRIENDO EL ENSAYE.

NOTA:

LA VELOCIDAD DE DEFORMACION
A QUE DEBERA SOMETERSE EL
ESPECIMEN SERA DE 0.5 A 2% DE
SU ALTURA POR MINUTO.

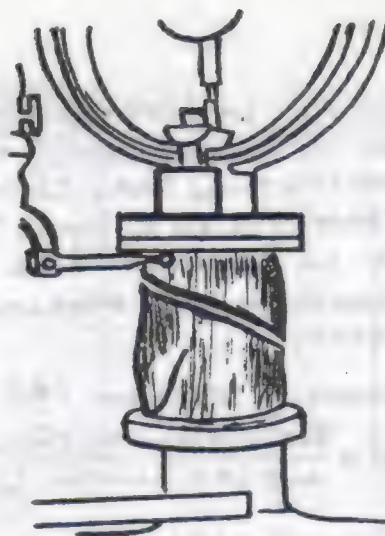
GENERALMENTE SE ADOPTA (1 mm/min.)

- ⑫ SE ABRE LA VALVULA (12) SOMETIENDO LA PROBETA A LA VELOCIDAD DE DEFORMACION ESPECIFICADA HASTA QUE LA CARGA, DESPUES DE HABER LLEGADO A UN MAXIMO EMPIECE A DECRECER (MATERIALES ARENOSOS). ES CONVENIENTE TOMAR VARIAS LECTURAS DESPUES DE QUE HA FALLADO LA MUESTRA.

EN EL CASO DE SUELOS PLASTICOS EL ENSAYE DEBE DE SUSPENDERSE CUANDO LA DEFORMACION CORRESPONDA A UN 20% CON RESPECTO A LA ALTURA INICIAL.

- ⑬ DESPUES DE QUE HA FALLADO LA MUESTRA LEVANTE EL PEDAL (14) Y ABRA TOTALMENTE LA VALVULA (12). ESTO HARA QUE BAJE EL VASTAGO DE CARGA (9).

- ⑭ HAGA UN CROQUIS MOSTRANDO LA FALLA (5) Y MIDA SU ANGULO CON RESPECTO A UN PLANO HORIZONTAL



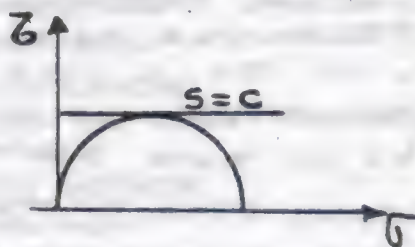
- ⑮ CALCULE LOS ESFUERZOS REPRESENTANDO SUS VALORES GRAFICAMENTE.

CALCULOS

- a) DETERMINE EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA EN ESTUDIO.
- b) CALCULE EL AREA INICIAL Y EL VOLUMEN DEL ESPECIMEN.
- c) EMPLEANDO LA CURVA DE CALIBRACION DEL ANILLO (GRAFICA 1) DETERMINE SU CONSTANTE Y CALCULE LA CARGA CORRESPONDIENTE A CADA DEFORMACION FIJADA. LOS VALORES OBTENIDOS ANOTELOS EN LA COLUMNA N°3.
- d) DETERMINE LA DEFORMACION TOTAL QUE SUFRIO EL ESPECIMEN CORRESPONDIENTE A CADA PUNTO, RESTANDO LA LECTURA INICIAL EN EL EXTENSOMETRO DE LA FINAL. LOS VALORES OBTENIDOS ANOTELOS EN LA COLUMNA ⑤ PUEDE OBSERVARSE QUE SON LOS MISMOS REGISTRADOS EN LA COLUMNA ④. ESTO SE DEBE A QUE SE PARTIO DE 0.00

e) CALCULE LA DEFORMACION UNITARIA ϵ DIVIDIENDO LA DEFORMACION TOTAL PARA CADA PUNTO (OBTENIDA EN EL PASO "d") ENTRE LA ALTURA INICIAL (H_0) DEL ESPECIMEN EXPRESADO EN MILIMETROS.

EN SUELOS PURAMENTE COHESIVOS



DEFORMACION UNITARIA (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\text{DEFORMACION TOTAL}}{\text{ALTURA INICIAL (H}_0\text{)}} = \frac{(5)}{H_0}$$

OBSERVACIONES Y POSIBLES

f) OBTENGA EL AREA CORREGIDA, MEDIANTE LA EXPRESION

ERRORES QUE PUEDEN COMETERSE EN EL ENSAYE

$$\text{AREA CORREGIDA} = \frac{\text{AREA INICIAL}}{1 - \epsilon}$$

1.- LABRAR LAS MUESTRAS EN FORMA INDEBIDA.

g) DETERMINE EL ESFUERZO UNITARIO ($\bar{\sigma}$) DIVIDIENDO LA CARGA CORRESPONDIENTE ENTRE SU AREA CORREGIDA.

2.- QUE LA MUESTRA NO TENGA LA RELACION DE ESBELTEZ ESPECIFICADA.

$$\bar{\sigma} = \frac{\text{CARGA (Kg)}}{\text{AREA CORREGIDA (cm}^2\text{)}}$$

3.- SUPERFICIES IRREGULARES EN LAS BASES DEL ESPECIMEN.

h) DIBUJE LA CURVA ESFUERZO DEFORMACION ANOTANDO EN EL EJE DE LAS ABCISAS LAS DEFORMACIONES UNITARIAS EXPRESADAS EN % Y EN EL EJE DE LAS ORDENADAS EL ESFUERZO (Kg/cm^2).

4.- QUE LA PROBETA NO SE ENCUENTRE PERIDAMENTE CENTRADA.

5.- EL PLATO SUPERIOR NO HAGA CONTACTO CON LA PROBETA.

6.- PRECARGAR LA PROBETA.

7.- ERROR VISUAL AL IR TOMANDO LAS LECTURAS EN EL MICROMETRO Y EXTENSOMETRO.

i) CON LOS VALORES OBTENIDOS. (ESFUERZO MAXIMO A LA FALLA Y ANGULO DE FALLA (α)) DETERMINE GRAFICAMENTE MEDIANTE EL CIRCULO DE MOHR LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA.

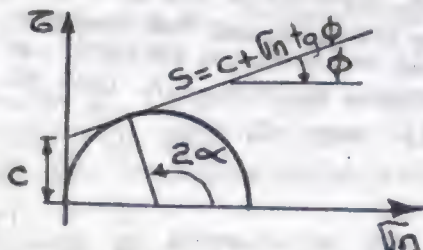
8.- LECTURAS MAL SINCRONIZADAS

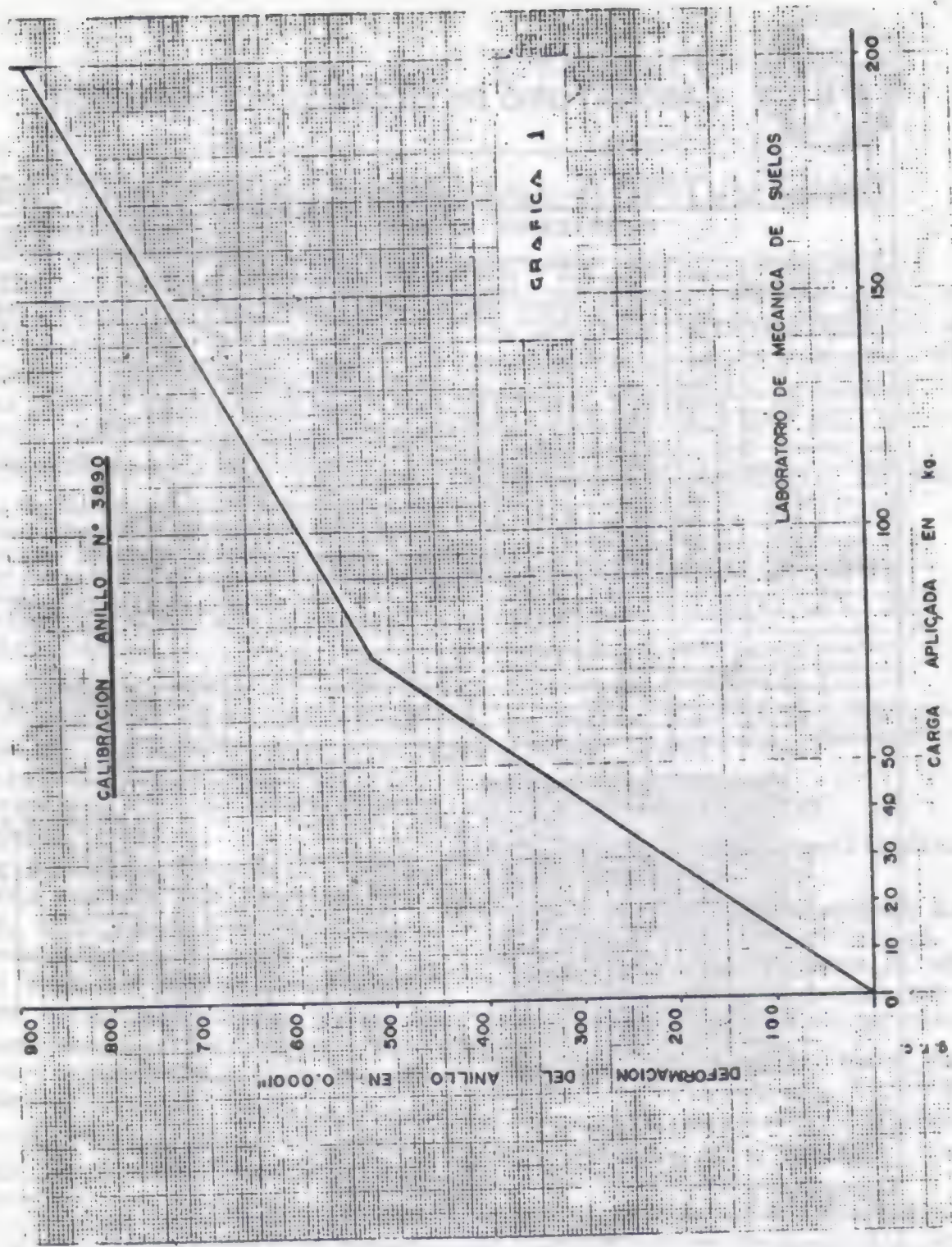
9.- REALIZAR EL ENSAYE A UNA VELOCIDAD MAYOR A LO ESPECIFICADO

10.- DINAMOMETRO MAL CALIBRADO

11.- QUE EL DINAMOMETRO HAYA PERDIDO SU RANGO ELASTICO.

EN SUELOS COHESIVOS-FRICCIONANTES







LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ALUMNO _____ BOL _____
CURSO _____ GRUPO _____ CARRERA _____

NUM _____

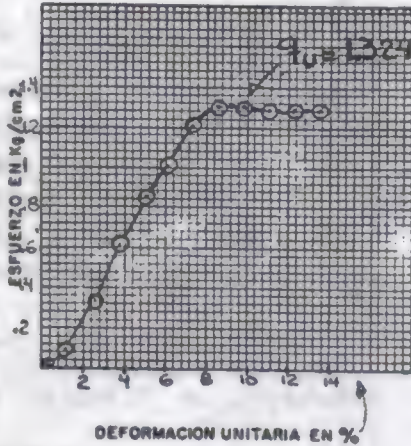
COMPRESION SIMPLE

tiempo transcurrido	deformación 0.0001"	carga	lectura micrometro 0.01	deformación total	deformación unitaria	l = deformación unitaria	area corregida	esfuerzo
min		kg	mm	mm	%		cm ²	kg/cm ²
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)				
	0	0.00	0.00	0.00	0.0		9.95	0
	7	0.994	1.00	1.00	1.23		10.08	0.098
	24	3.408	2.00	2.00	2.46		10.20	0.334
	45	6.390	3.00	3.00	3.69		10.33	0.618
	63	8.946	4.00	4.00	4.92		10.47	0.854
	78	11.016	5.00	5.00	6.15		10.61	1.043
	94	13.348	6.00	6.00	7.38		10.75	1.241
	101	14.342	7.00	7.00	8.61		10.89	1.316
	103	14.626	8.00	8.00	9.84		11.04	1.324
	103	14.626	9.00	9.00	11.07		11.19	1.324
	105	14.91	10.00	10.00	12.30		11.35	1.313
2 min.	106	15.052	11.00	11.00	13.55		11.51	1.307

MEDIDAS DE LA MUESTRA
 $D_s = 3.57$ cm $A = 10.00$ cm²
 $D_c = 3.56$ cm $A_c = 9.953$ cm²
 $D_i = 3.55$ cm $A_i = 9.89$ cm²
 $H_m = 8.13$ cm
 $W_i = 125.65$ gr.
 $V_i = 80.92$ cm³
 $G = 1.55$ Ton/m³
 $A_m = A_s + 4c + A_i$
 $A_m = 9.95$ cm²
Velocidad de aplicación de la carga: 1 mm/minuto
 $\sqrt{s} =$ kg

$1 \times 10^{-4}'' = 0.142$ kg ANILLO Nº 3890

NOTA: Area corregida = $\frac{A_m}{1 - \text{Def. unit.}}$



ESQUEMA DE LA MUESTRA EN LA FALLA



Angulo de falla $\alpha = 50^\circ$

CONTENIDO DE AGUA

CAP. N°	X
P.CAP+SH	30.11
P.CAP+S.S	27.33
PESO AGUA	2.76
PESO CAP.	9.01
PESO S. SECO	18.32
W %	15.17

RESULTADO

OBSERVACIONES DEL PROFESOR

FIRMA DEL ALUMNO

FECHA

CALIFICACION

FIRMA DEL PROFESOR

COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA (UU)

GENERALIDADES

LAS PRUEBAS DE COMPRESION TRIAXIAL, NOS SIRVEN TAMBIEN PARA DETERMINAR LA RELACION ESFUERZO DEFORMACION, ASI COMO LA RESISTENCIA DE LOS SUELOS.

EL ENSAYE DE COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA SE LLEVA A CABO DE LA MISMA MANERA QUE LA DE COMPRESION SIMPLE, EN LO QUE RESPECTA A LA FORMA COMO SE APLICA LA CARGA VERTICAL.

ANTES DE SOMETER LA MUESTRA A ESFUERZO VERTICAL, SE LE APLICA UN CONFINAMIENTO LATERAL, PRODUCIDO POR LA PRESION DE UN LIQUIDO (AGUA).

LA PRESION CONFINANTE QUE DEBE APLICARSE DEPENDERA DEL TIPO DE SUELO, PROFUNDIDAD Y SOBRECARGAS.

EL TIPO DE PRUEBA TRIAXIAL QUE DEBE EFECTUARSE EN EL LABORATORIO, DEPENDERA DE LAS CONDICIONES A QUE VA ESTAR SUJETO EL TERRENO DE CIMENTACION. CABE ACUAR QUE LA PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA SE LLEVA A CABO EN UN TIEMPO MENOR A LA RAPIDA CONSOLIDADA Y A LA LENTA. POR OTRA PARTE

EL ENSAYE (UU) PROPORCIONA VALORES MAS CONSERVADORES QUE LOS (R-CU) Y (S-CD), ESTO SE DEBE A QUE EN LA PRIMERA, LA RELACION DE VACIOS Y EL GRADO DE SATURACION SE CONSIDERAN CONSTANTES DURANTE LA PRUEBA.

EQUIPO

1. MAQUINA PARA COMPRESION TRIAXIAL.
2. BANDA DE HULE
3. MEMBRANA DE HULE
4. PIEDRAS POROSAS.
5. EL MISMO EQUIPO EMPLEADO EN EL ENSAYE DE COMPRESION SIMPLE.

PROCEDIMIENTO

- ① SE REPITEN LOS PASOS (1)(2)(5) DEL ENSAYE Nº 9
- ② DEBIDO A QUE LA MUESTRA SE VA A SOMETER INICIALMENTE A UNA PRESION CONFINANTE, EL ESPECIMEN DEBE PROTEGERSE MEDIANTE UNA MEMBRANA DE HULE
- ③ DEPOSITE LA MUESTRA EN EL CABEZAL QUE SE ENCUENTRA FIJO EN LA BASE DE LA CAMARA; PREVIAMENTE COLOQUE UNA PIEDRA POROSA Y PAPEL FILTRO.
- ④ MEDIANTE UNA LIGA SUJETE LA MEMBRANA CON EL CABEZAL INFERIOR.

⑤ COLOQUE UNA PIEDRA PÓ-
ROSA EN LA PARTE SUPERIOR
DEL ESPECIMEN, Y SOBRE ELLA
EL CABEZAL, SUJETÁNDOLO CON
LA MEMBRANA MEDIANTE UNA
LIGA.

⑥ UNA VEZ QUE SE ENCUENTRA MON-
TADA LA MUESTRA, SE PROCEDE
A FIJARLA MEDIANTE LA CÁMARA
DE COMPRESIÓN, ASSENTANDO EL
VASTAGO EN EL CABEZAL SUPE-
RIOR.

⑦ FIJE LA TAPA DE LA CÁMARA
SOBRE EL CILINDRO DE LUCITA
APRETANDO DEBIDAMENTE SUS
TORNILLOS.

⑧ LLEVE LA CÁMARA AL BANCO
DE COMPRESIÓN TRIAXIAL, CONEC-
TANDO ENSEGUIDA LAS MANQUE-
RAS QUE LA COMUNICAN CON EL
CILINDRO DEL DISPOSITIVO, DE
TAL MANERA QUE EL AGUA A PRE-
SIÓN LE DE EL CONFINAMIENTO
DESEADO AL ESPECIMEN.

⑨ SE PROCEDE A APLICAR LA
CARGA HASTA QUE EL ESPECIMEN
FALLE, CONSIDERANDO EL MISMO
CRITERIO QUE SE LLEVA A CABO EN
EL ENSAYE DE COMPRESIÓN SIMPLE
PASOS (12), (13), (14) (15).

⑩ EFECTÚE LOS CÁLCULOS REPITIEN-
DO LOS PASOS (a, b, c, d, f, g y h) DEL
ENSAYE (9)

⑪ PARA DETERMINAR LOS PARA-
METROS DE RESISTENCIA DIBUJE
A UNA DETERMINADA ESCALA LOS
CÍRCULOS DE MOHR. LA LEY DE
RESISTENCIA DEL SUELO QUEDA
DEFINIDA AL TRAZAR UNA
LÍNEA TANGENTE A ELLOS. EN ESTE
CASO, DEBEN EFECTUARSE 3 ENSA-
YES EMPLEANDO DIFERENTES

VALORES DE PRESIÓN CONFINANTE.

OBSERVACIONES Y POSIBLES ERRORES QUE PUEDEN COME- TERSE EN EL ENSAYE.

- 1.- DISIPACIÓN EN LA PRESIÓN
CONFINANTE.
- 2.- ROTURA DE LA MEMBRANA.
- 3.- EL ESPECIMEN NO DEBE PERMA-
NECER TIEMPOS EXCESIVOS, AL
APLICAR LA PRESIÓN CONFINANTE
- 4.- FRICCIÓN EN EL VASTAGO.
- 5.- LOS MISMOS QUE SE EXPUSIERON
EN EL ENSAYE DE COMPRESIÓN
SIMPLE.

PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA CONSOLIDADA (R-CU)

EL ENSAYE CONSISTE EN SOMETER
LA PROBETA A UNA ETAPA DE CON-
SOLIDACIÓN, APLICANDO ÚNICAMENTE
PRESIÓN CONFINANTE. ESTA PRESIÓN
DEBE EQUILIBRARSE APLICANDO PESOS
EN EL MARCO DE CARGA, HASTA IGUALAR
EL EMPUJE DEL VASTAGO DE LA CÁMA-
RA. A CONTINUACIÓN SE PROCEDE
A ABRIR LAS LLAVES DE DRENAJE
EN LA CÁMARA, PERMITIENDO SAUR EL
AGUA DEL ESPECIMEN, HASTA QUE
LA CURVA DE CONSOLIDACIÓN QUEDA
DEFINIDA. DESPUÉS DE EFECTUADA
ESTA ETAPA, SE SIGUE EL MISMO PRO-
CEDIMIENTO QUE EN EL ENSAYE DE
COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDO.

PRUEBA DE COMPRESIÓN TRI- AXIAL LENTA (S-CU)

ESTA PRUEBA SE LLEVA A CABO
DE LA MISMA MANERA COMO SE
REALIZÓ LA 12 ETAPA DE LA PRUEBA
(R-CU) DEJANDO QUE EN CADA
ETAPA DE CARGA, EL ESPECIMEN
SE DRENE.

ESTE ENSAYE REQUIERE PARA SU
REALIZACIÓN DE UN TIEMPO CONSI-
DERABLE (2-5 MESES), POR TAL MO-
TIVO NO SE EFECTUA EN LA
PRÁCTICA.

TRIAxIAL RAPIDA

OBRA : _____
 LOCALIZACION : _____
 ENSAYE N° : _____ SONDEO N° : _____
 MUESTRA N° : _____ PROFUNDIDAD : _____
 DESCRIPCION : _____

ANILLO N° : _____
 FECHA : _____
 OPERADOR : _____
 CALCULO : _____

MEDIDAS DE LA MUESTRA

Ds: _____ cm As: _____ cm²
 Dc: _____ cm As: _____ cm²
 Di: _____ cm Ai: _____ cm²
 Hm: 7.83 cm

W: 137.92 grs
 V: 71.13 cm³
 γ: 1.78 ton/m³

ANILLO			MUESTRA					
lectura deform. metro.	deform. total	carga	lectura micrómetro	deform. total	deform. unitaria	deform. unitaria	area corregida	estzo. desviador
0.0000	NIN	Kg	MM	MM	%	1	CM ²	KG/CM ²
0.00		0.00	0.00	0.00	0.00		9.851	0
0.00		0.00	0.50	0.50	0.638		9.913	0
14.00		2.000	1.00	1.00	1.27		9.917	0.200
105.60		15.000	2.00	2.00	2.55		10.108	1.483
144.30		20.500	3.00	3.00	3.83		10.243	2.00
158.40		22.500	4.00	4.00	5.10		10.380	2.16
165.40		23.500	5.00	5.00	6.38		10.522	2.23
164.00		23.300	6.00	6.00	7.66		10.669	2.18
161.90		23.000	7.00	7.00	8.93		10.816	2.12
160.20		22.750	8.00	8.00	10.21		10.971	2.07
158.40		22.250	9.00	9.00	11.49		11.129	1.99
154.90		22.000	10.00	10.00	12.77		11.293	1.94
153.10		21.750	11.00	11.00	14.04		11.459	1.89
152.10		21.600	12.00	12.00	15.32		11.633	1.85
152.10		21.600	13.00	13.00	16.60		11.811	1.82
153.10		21.750	14.00	14.00	17.87		11.994	1.81

$$A_m = \frac{A_s + 4A_c + A_i}{6} = 9.851$$

$$\sigma_3 = \frac{0.5}{1} \text{ Kg/cm}^2$$

PRESION LATERAL

$$e_1 = \frac{V_t}{V_s} - 1$$

$$V_s = \frac{W_s}{S_s}$$

$$e_1 = \frac{S_s \delta w - \delta_s}{\delta_s} - 1$$

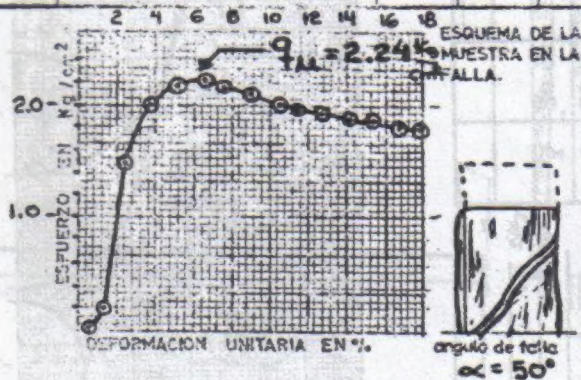
$$e_1 = \frac{S_s \delta w - \delta_s}{\delta_s}$$

$$S_s \delta w - \delta_s =$$

$$e_1 = \frac{W_s}{e}$$

$$G_w = \frac{W_s}{e}$$

$$\text{Area corregida} = \frac{A_m}{1 - \text{def. unitaria}}$$



CONTENIDO DE AGUA		
CAPSULA N°	108.6	
TARA + SUELO HUM	245.98	
TARA + SUELO SECO	216.22	
PESO AGUA	29.76	
PESO TARA	108.06	
PESO SUELO SECO	108.16	
W %	27.51	

OBSERVACIONES: _____

IPN
ESIA

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
INGENIERIA EXPERIMENTAL

NUM

Obra _____
Muestra _____

CIRCULOS DE MOHR - COMPRESION TRIAXIAL

Sondeo N° _____

Localización _____
Profundidad _____

$\phi = 17^\circ, c = 0.7 \text{ kg/cm}^2$

☐ No controlado - no drenado
☐ Controlado - no drenado
☐ Controlado - drenado

PROMEDIOS

W_L _____ %

e_1 _____ %

e_2 _____ %

e_3 _____ %

c _____ kg/cm^2

γ _____ mm^3

CI _____ %

Vel rupt. _____ mm/min

PRUEBA	W_1	W_f	e_1	e_2	e_3	σ_1	σ_3	$\sigma_1 - \sigma_3$	σ
1	27.51		0.87			82.66	0.5	2.233	
2	25.91		0.82			82.01	3.0	4.164	
3	26.03		0.84			82.48	5.0	5.623	

☐ No controlado - no drenado
☐ Controlado - no drenado
☐ Controlado - drenado

ESFUERZOS TANGENCIALES, en kg/cm^2

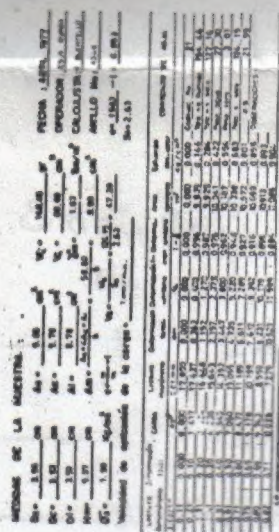
ESFUERZOS NORMALES, en kg/cm^2

Alumno _____

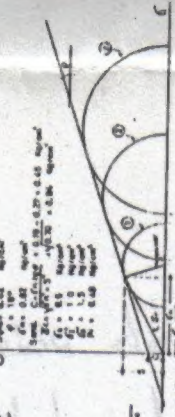
Bel _____

Fecha _____

TRIAXIAL RAPID

[illegible]

PROYECTO DE LEY



PARTES PRINCIPALES DE LA MAQUINA

- | | | | |
|----|--------------------------------|---|--------------------------------|
| A | ENCU | 1 | LLAVE DE ADJONCIÓN DE AGUA DEL |
| B | MOTOR | 2 | TEMPER (°) |
| C | SANTON GENERAL | 3 | LLAVE DE EXPLOSION DE AIRE |
| D | VELOCIMETRO | 4 | MANOMETRO |
| E | QUINTERO | 5 | LLAVE DE ADJONCIÓN DE AGUA |
| F | QUINTERO CARBA | 6 | DE LA CAMERA (°) |
| G | CAMARA TRAFAL | 7 | LLAVE DE EXPLOSION DE |
| H | VARCO DE CARGA | 8 | AIRE A |
| I | INTERFLEXO | 9 | PORTA REJAS |
| J | LLAVE DE ADJONCIÓN DE AGUA DEL | | |
| K | TEMPER (°) | | |
| L | LLAVE DE EXPLOSION DE AIRE | | |
| M | MANOMETRO | | |
| N | LLAVE DE ADJONCIÓN DE AGUA | | |
| O | DE LA CAMERA (°) | | |
| P | LLAVE DE EXPLOSION DE | | |
| Q | AIRE A | | |
| R | PORTA REJAS | | |
| S | SANTON DE ARRANQUE | | |
| T | PLACA DE ENBARRA | | |
| U | CONEXION DE 0.00" DE | | |
| V | APROXIMACION | | |
| W | ACROMETRO DE 0.01m. DE | | |
| X | APROXIMACION | | |
| Y | LLAVE DE AIRE A PERSON | | |
| Z | REGULADOR DE PRESION | | |
| AA | CONEXION RAPIDA DEL TUBERO | | |
| AB | MANIFESTO DE AIRE A | | |
| AC | PRESION | | |

GUIA BASICA PARA SU USO

- [illegible]

REPRESENTACION GRAFICA DE MONET

- [illegible]

IPN ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE _____ DE _____
SECCION DE _____ DE _____

pag Ensayo

No No

- | | | | |
|-----|---|--|--|
| 61 | — | 1 | Identificación de Suelos en el campo |
| 72 | — | 2 | Contenido Natural de Humedad |
| 80 | — | 3 | Peso Volumetrico Natural. |
| 93 | — | 4 | Granulometria |
| 112 | — | 5 | Limites de Consistencia o de Atterberg |
| 139 | — | 6 | Peso especifico relativo o Densidad de sólidos |
| 160 | — | 7 | Densidad de Gravas |
| 165 | — | 8 | Compactación |
| 174 | — | 9 | Compresión simple |
| 180 | — | 10 | Compresión Triaxial Rapida |
| 172 | — | Anexo - Determinación de la resistencia al
Esfuerzo Cortante en el laboratorio. | |